



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“DIAGNÓSTICO DE LA RED ÓPTICA EMPRESARIAL DE  
MEGASPEED S.A PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA RED Y  
DISEÑO DE EXPANSIÓN EN LAS LOCALIDADES DE  
TANICUCHI Y GUAYTACAMA”**

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**AUTORES: BORJA CARRERA EDISON ESTUARDO**

**IZA MONTA LUÍS JEFFERSON**

**TUTOR: ING. VINICIO RAMOS**

**Riobamba-Ecuador**

**2017**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN  
ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que el proyecto técnico: DIAGNÓSTICO DE LA RED ÓPTICA EMPRESARIAL DE MEGASPEED S.A, PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA RED Y DISEÑO DE EXPANSIÓN EN LAS LOCALIDADES DE TANICUCHI Y GUAYTACAMA, de responsabilidad del señor Edison Estuardo Borja Carrera y el señor Luís Jefferson Iza Monta, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Washington Luna

**DECANO FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

\_\_\_\_\_

Ing. Franklin Moreno

**DIRECTOR DE ESCUELA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TELECOMUNICACIONES Y  
REDES**

\_\_\_\_\_

Ing. Vinicio Ramos

**DIRECTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

Ing. Raúl Lozada

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

Nosotros, Edison Estuardo Borja Carrera y Luís Jefferson Iza Monta, declaramos ser los autores del presente trabajo de titulación “DIAGNÓSTICO DE LA RED ÓPTICA EMPRESARIAL DE MEGASPEED S.A, PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA RED Y DISEÑO DE EXPANSIÓN EN LAS LOCALIDADES DE TANICUCHI Y GUAYTACAMA”, que fue elaborado en su totalidad por nosotros, bajo la dirección del Ingeniero Marco Vinicio Ramos Valencia, haciéndonos totalmente responsables por las ideas, criterios, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

---

EDISON ESTUARDO BORJA CARRERA

---

LUIS JEFFERSON IZA MONTA

## **DEDICATORIA**

Todo mi esfuerzo va dedicado para mi DIOS quien supo guiarme para que este sueño se haga realidad, dedico a todos y cada uno de los miembros de mi familia, a mi papá, mamá a mis hermanos, tíos, primos que han estado ahí pendientes cuando quería desmayar, a mi cuñada Paola, a mi sobrino Anderson. A todos quienes conforman la empresa MegaSpeed S.A, en exclusiva al Ing. Ángel y Tania por su ayuda brindada. A una mujer muy especial Anabel quien supo apoyarme, soportarme y estar pendiente en cada pasito de mi vida, así como también a mis inseparables amigos, compañeros con los cuales compartí buenos y malos momentos a lo largo de mi carrera profesional.

Les debo mucho amada familia, queridos amigos.

Edison

Dedico la presente tesis a Dios por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría, todo es posible.

A mis padres y a mi querida hija quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de mi vida estudiantil; A mi gran hermano Henry Iza (QEPD) por ser la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante y a mis queridos abuelitos por ser ejemplo en cada uno de mis pasos.

A ese ser especial que ha llegado a formar parte de mi vida Morayma por su ayuda desinteresada, por brindarme su amistad y confianza, a ella que siempre tuvo una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido incentivo de mi vida.

A mis primos Diana, Diego y Xavier por compartir conmigo muchas alegrías y fracasos.

(El éxito no es el final, el fracaso no es la ruina, el coraje de continuar es lo que cuenta. CHURCHILL, W).

Jefferson

## **AGRADECIMIENTO**

A:

Dios, por brindarme la oportunidad de vivir y acompañarme en cada paso que doy, como no agradecer a mis dos Patronas mi Santísima Virgen del Guayco y María Magdalena quienes, a través de mis peticiones supieron fortalecer mi corazón e iluminar mi mente para poder alcanzar tan conmemorable ovación.

Mis padres Estuardo Borja Camacho y Gilma Carrera Mendoza, mis pilares fundamentales en mi existencia, quien a más de brindarme la vida supieron guiarme y aconsejarme para poder encaminarme por el sendero correcto.

A mis abuelos Amada Mendoza y Segundo Miguel Carrera (QEPD), por brindarme siempre su bendición y esos sanos consejos que siempre permanecerán en mí, esto también se los debo a ustedes.

A mis dos queridos hermanos Mauricio, Carlos. A mí cuñada Paola Pazmiño y a mi hermoso sobrino Anderson Borja, quienes a pesar de muchas dificultades supieron confiar en mí, los quiero mucho.

Un agradecimiento a todos los docentes de la FIE, por sus conocimientos impartidos en especial al Ing. Vinicio Ramos e Ing. Raúl Lozada quienes por medio de su sabiduría logramos tan preciada meta.

“Padre, Madre muchas gracias por darme la mejor herencias que puede tener un hijo, la educación, los amo”.

Edison

Agradezco a Dios quien me dio la vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar mi carrera universitaria.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mis padres Aníbal y Alicia por todo el esfuerzo que hicieron para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por el sacrificio y la paciencia que demostraron todos estos años; gracias a ustedes he llegado a donde estoy ahora.

Un especial agradecimiento a Morayma, por su paciencia, consejos y cariño a lo largo de estos años, a todos mis amigos y amigas, con los que he compartido gratos momentos, tanto en la universidad como fuera de ella, a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a crecer como persona y como profesional.

Agradezco de manera especial a nuestro director de tesis y profesores quién con sus conocimientos y apoyo supieron guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación y también manifiesto mi agradecimiento a la empresa MegaSpeed S.A. por habernos abierto las puertas para que este proyecto de titulación se haga realidad.

“Ahora puedo decir que todo lo que soy es gracias a todos ustedes”

Jefferson

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
 <b>CAPÍTULO I</b>	
1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. Evolución de las telecomunicaciones y tecnología .....	7
1.1.1. Calidad de servicio en el Ecuador .....	8
1.1.2. Situación actual de las telecomunicaciones en el Ecuador .....	8
1.1.3. Red de telecomunicaciones .....	9
1.1.3.1. Red de acceso .....	9
1.1.3.2. Red de tránsito o núcleo de red.....	9
1.2. Fibra Óptica .....	10
1.2.1. Qué es la Fibra Óptica.....	10
1.2.2. Estructura de una fibra óptica.....	10
1.2.3. Características del cable de fibra óptica .....	11
1.3. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica.....	11
1.3.1. Ventajas .....	11
1.3.2. Desventajas .....	12
1.4. Atenuación y longitudes de onda.....	12
1.4.1. Ventanas de Operación.....	12
1.5. Tipos de fibra .....	13

1.6.	<b>Modos de Propagación en la fibra óptica</b> .....	14
1.6.1.	<b><i>Fibra multimodo</i></b> .....	14
1.6.1.1.	<i>Fibra multimodo de índice escalonado</i> .....	15
1.6.1.2.	<i>Fibra multimodo de índice gradual</i> .....	15
1.6.2.	<b><i>Fibra monomodo</i></b> .....	16
1.7.	<b>Propagación de la luz a través de una fibra óptica</b> .....	16
1.7.1.	<b><i>Reflexión y refracción de la Luz</i></b> .....	16
1.7.2.	<b><i>Velocidad de propagación de la luz en la fibra</i></b> .....	17
1.7.3.	<b><i>Apertura numérica</i></b> .....	17
1.7.4.	<b><i>Atenuación en la fibra óptica</i></b> .....	18
1.7.5.	<b><i>Dispersión en la fibra óptica</i></b> .....	19
1.7.5.1.	<i>Dispersión modal</i> .....	19
1.7.5.2.	<i>Dispersión cromática</i> .....	19
1.7.5.3.	<i>Dispersión de modo de polarización</i> .....	20
1.8.	<b>Empalmes.</b> .....	21
1.8.1.	<b><i>Empalmes mecánicos</i></b> .....	21
1.8.2.	<b><i>Empalme por fusión</i></b> .....	21
1.8.3.	<b><i>Pérdida de empalmes</i></b> .....	21
1.9.	<b>Conectores y empalmes de Terminación.</b> .....	22
1.9.1.	<b><i>Conector instalable en sitio</i></b> .....	22
1.9.2.	<b><i>Pigtail</i></b> .....	22
1.9.3.	<b><i>Tipos de conectores ópticos</i></b> .....	23
1.9.3.1.	<i>ST: Straight Tip Bayonet Connector</i> .....	23
1.9.3.2.	<i>SC: Subscriber Connector</i> .....	23
1.9.3.3.	<i>LC: Lucent Conector</i> .....	24
1.10.	<b>Tecnología FTTH (Fiber To The Home)</b> .....	24
1.10.1.	<b><i>Descripción del sistema FTTH</i></b> .....	24



1.10.2.	<i>Características del sistema</i> .....	25
1.11.	<b>Protocolos de comunicación</b> .....	26
1.11.1.	<i>Estándares básicos</i> .....	26
1.11.1.1.	<i>UIT-T G.652</i> .....	26
1.11.1.2.	<i>ITU-T G.984.x G-pon</i> .....	27
1.12.	<b>Descripción del estado inicial de la red de la empresa MegaSpeed S.A.</b> .....	29
1.12.1.	<i>Visión del cliente</i> .....	31
1.12.2.	<i>Visión del Proveedor</i> .....	32
1.12.3.	<i>Estructura del ISP</i> .....	32
1.12.4.	<i>Equipos de conectividad de la red óptica MegaSpeed S.A.</i> .....	33
<b>CAPÍTULO II</b>		
2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	39
2.1.	<b>Red óptica empresarial MegaSpeed S.A.</b> .....	39
2.2.	<b>Indicadores de los parámetros de fibra óptica al ser analizados</b> .....	41
2.2.1.	<i>Atenuación</i> .....	41
2.2.2.	<i>Pérdidas</i> .....	42
2.2.2.1.	<i>Empalmes</i> .....	42
2.2.2.2.	<i>Conectores</i> .....	42
2.2.3.	<b>Medidas de Rendimiento</b> .....	43
2.2.3.1.	<i>Ancho de Banda</i> .....	43
2.2.3.2.	<i>Latencia</i> .....	44
2.2.3.3.	<i>Velocidad de Transmisión</i> .....	44
2.3.	<b>Análisis de la capacidad actual de la red MegaSpeed S.A.</b> .....	45
2.3.1.	<i>Comunicación mediante Radio-Base</i> .....	46
2.3.2.	<i>Comunicación mediante Fibra Óptica</i> .....	47
2.4.	<b>Proyección y datos estadísticos a cinco años de abonados de la red óptica.</b> ....	47
2.4.1.	<i>Ubicación Geográfica del Sector</i> .....	47
2.4.2.	<i>Dimensionamiento de la Red</i> .....	48
2.4.3.	<i>Proyecciones</i> .....	50

2.4.4.	<i>Arquitectura de la red</i> .....	53
2.4.4.1.	<i>Red de distribución interna</i> .....	53
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	<b>RED ÓPTICA MEGASPEED S.A.</b> .....	54
3.2.	<b>Análisis de Resultados de los enlaces de Fibra Óptica.</b> .....	54
3.2.1.	<i>Cálculo del enlace Latacunga (Nodo principal) –Saquisilí.</i> .....	54
3.2.2.	<i>Cálculo del enlace Latacunga (Nodo principal) - San Felipe</i> .....	59
3.2.3.	<i>Cálculo del enlace Nodo Principal - cliente 1.</i> .....	62
3.2.4.	<i>Cálculo del enlace Nodo San Principal - cliente 2.</i> .....	65
3.3.	<b>Plan de Mejora</b> .....	67
3.3.1.	<i>Atenuación</i> .....	67
3.3.2.	<i>Pérdidas</i> .....	67
3.3.2.1.	<i>Red principal (Nodo principal – Nodo Saquisilí)</i> .....	67
3.3.3.	<b>Medidas de Rendimiento</b> .....	68
3.3.3.1.	<i>Ancho de banda</i> .....	68
3.3.3.2.	<i>Velocidad de Transmisión</i> .....	73
3.3.3.3.	<i>Latencia</i> .....	73
3.3.4.	<i>Equipos posibles a utilizar para la expansión de la red.</i> .....	75
3.3.5.	<i>Equipos posibles a utilizar para la red G-PON</i> .....	75
3.4.	<b>Diseño De La Red G-Pon</b> .....	76
3.4.1.	<i>Delimitaciones del Área de Cobertura</i> .....	76
3.4.2.	<i>Topología de expansión de fibra en Tanicuchi.</i> .....	79
3.4.3.	<i>Topología de expansión de fibra en Guaytacama.</i> .....	80
3.4.4.	<i>Planteamiento de la red G-pon</i> .....	80
3.4.5.	<i>Costo total de la red G-pon</i> .....	85
3.4.6.	<i>Situación Vigente</i> .....	86

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Informe OTDR .....	39
<b>Tabla 2-2:</b> Coeficientes de pérdida .....	39
<b>Tabla 3-2:</b> Especificaciones de la norma TIA/EIA-568-A y ISO/IEC 11801:2002.....	41
<b>Tabla 4-2:</b> Pérdida de Empalmes .....	42
<b>Tabla 5-2:</b> Estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-2000.....	42
<b>Tabla 6-2:</b> Estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-2000.....	43
<b>Tabla 7-2:</b> Cálculo ancho de banda Mega Speed S.A.....	43
<b>Tabla 8-2:</b> Latencia establecida por MegaSpeed S.A .....	44
<b>Tabla 9-2:</b> Cálculo de la velocidad de transmisión .....	45
<b>Tabla 10-2:</b> Planes de la empresa MegaSpeed S.A.....	45
<b>Tabla 11-2:</b> Capacidad del servicio de Internet.....	46
<b>Tabla 12-2:</b> Distribución de la población de la parroquia Guaytacama.....	49
<b>Tabla 13-2:</b> Proyección de clientes a 5 años .....	52
<b>Tabla 14-3:</b> Resumen OTDR.....	55
<b>Tabla 15-3:</b> Informe sobre el trabajo.....	55
<b>Tabla 16-3:</b> Medición del enlace.....	55
<b>Tabla 17-3:</b> Tabla de eventos .....	56
<b>Tabla 18-3:</b> Umbral Macrocurvatura .....	57
<b>Tabla 19-3:</b> Umbrales de superación/fallo .....	57
<b>Tabla 20-3:</b> Configuración del cable y de la prueba .....	58
<b>Tabla 21-3:</b> Tabla de resumen enlace Nodo Principal – San Felipe .....	60
<b>Tabla 22-3:</b> Medición del enlace.....	60
<b>Tabla 23-3:</b> Eventos Nodo Principal- San Felipe.....	61
<b>Tabla 24-3:</b> Medición OTDR cliente 2 .....	65
<b>Tabla 25-3:</b> Distribución de planes MegaSpeed S.A .....	68
<b>Tabla 26-3:</b> Uso de equipos según el plan a usar .....	69
<b>Tabla 27-3:</b> Clientes activo de la empresa MegaSpeed S.A. ....	70
<b>Tabla 28-3:</b> Cálculo Ancho de Banda. ....	70
<b>Tabla 29-3:</b> Cálculo Ancho de Banda óptico .....	73
<b>Tabla 30-3:</b> Cálculo Velocidad de Transmisión .....	73
<b>Tabla 31-3:</b> Comparativa entre situaciones.....	74
<b>Tabla 32-3:</b> Clientes por zonas.....	78
<b>Tabla 33-3:</b> Especificaciones Técnicas Tarjeta H807GPBH .....	81
<b>Tabla 34-3:</b> Especificaciones Técnicas Módulos SFPs C+.....	81
<b>Tabla 35-3:</b> Rango de atenuación óptica.....	82

<b>Tabla 36-3:</b> Presupuesto óptico para cliente más cercano .....	83
<b>Tabla 37-3:</b> Presupuesto óptico para cliente más lejano. ....	84
<b>Tabla 38-3:</b> Costos principales de la red .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Diseño del cable de Fibra óptica.....	10
<b>Figura 2-1:</b> Estructura de una Fibra Óptica.....	10
<b>Figura 3-1:</b> Cable de Fibra Óptica .....	11
<b>Figura 4-1:</b> Ventanas de Operación de la fibra óptica. ....	13
<b>Figura 5-1:</b> Fibra multimodo .....	14
<b>Figura 6-1:</b> Fibra multimodo con índice escalonado .....	15
<b>Figura 7-1:</b> fibra de índice gradual. ....	15
<b>Figura 8-1:</b> Fibra Óptica monomodo. ....	16
<b>Figura 9-1:</b> Refracción de un rayo de luz. ....	17
<b>Figura 10-1:</b> Dispersión de una fibra óptica. ....	19
<b>Figura 11-1:</b> Conector ST. ....	23
<b>Figura 12-1:</b> Conector SC.....	24
<b>Figura 13-1:</b> Conector LC.....	24
<b>Figura 14-1:</b> Estándar Fibra Monomodo .....	26
<b>Figura 15-1:</b> Parámetros Técnicos UIT-T G.652 A.....	26
<b>Figura 16-1:</b> Nodos de Radio base y Fibra óptica.....	29
<b>Figura 17-1:</b> Mapa de la cobertura de MegaSpeed S.A. ....	30
<b>Figura 18-1:</b> Transceiver para la transmisión de datos. ....	30
<b>Figura 19-1:</b> Planes empresa MegaSpeed S.A. ....	31
<b>Figura 20-1:</b> Comunicación mediante Radio Base. ....	32
<b>Figura 21-1:</b> Comunicación mediante Fibra Óptica.....	32
<b>Figura 22-1:</b> Rack del nodo Principal. ....	33
<b>Figura 23-1:</b> Cloud core router. ....	34
<b>Figura 24-1:</b> Switch Tp-link. ....	34
<b>Figura 25-1:</b> Patch cord SC.....	35
<b>Figura 26-1:</b> Pigtail FC. ....	35
<b>Figura 27-1:</b> Fibra óptica monomodo G.652. ....	36
<b>Figura 28-1:</b> Transceiver MC112. ....	36
<b>Figura 29-1:</b> ODF nodo central.....	37

<b>Figura 30-1:</b> Mangas.....	37
<b>Figura 31-1:</b> Router Tp-link.....	38
<b>Figura 32-1:</b> Roseta.....	38
<b>Figura 33-2:</b> Diseño de la red óptica MegaSpeed S.A.....	40
<b>Figura 34-2:</b> Consumo de Megas mediante Radio-Base.....	46
<b>Figura 35-2:</b> Consumo de Megas mediante Fibra óptica. ....	47
<b>Figura 36-2:</b> Ubicación Geográfica de Guaytacama.....	48
<b>Figura 37-2:</b> Arquitectura de la red G-PON .....	53
<b>Figura 38-2:</b> Red de distribución Interna.....	53
<b>Figura 39-3:</b> Diseño de la central Base de Datos.....	54
<b>Figura 40-3:</b> Enlace Nodo principal – San Felipe.....	59
<b>Figura 41-3:</b> ODF Latacunga.....	59
<b>Figura 42-3:</b> Curva OTDR.....	61
<b>Figura 43-3:</b> Diseño de la red óptica Latacunga .....	62
<b>Figura 44-3:</b> Rack del Nodo San Felipe.....	63
<b>Figura 45-3:</b> Análisis OTDR cliente.....	63
<b>Figura 46-3:</b> Speed Test Cliente 1 .....	64
<b>Figura 47-3:</b> Latencia cliente 1 .....	64
<b>Figura 48-3:</b> Speed Test Cliente 2.....	65
<b>Figura 49-3:</b> Latencia cliente 2 .....	66
<b>Figura 50-3:</b> Red principal MegaSpeed S.A.....	68
<b>Figura 51-3:</b> Delimitación área de cobertura en Tanicuchi .....	76
<b>Figura 52-3:</b> Delimitación área de cobertura Guaytacama .....	77
<b>Figura 53-3:</b> Diseño de expansión Tanicuchi .....	79
<b>Figura 54-3:</b> Diseño de expansión Guaytacama .....	80
<b>Figura 55-3:</b> Diagrama Topológico de la Red .....	82
<b>Figura 56-3:</b> Diagrama, presupuesto óptico.....	83
<b>Figura 57-3:</b> Diagrama, presupuesto óptico.....	84
<b>Figura 58-3:</b> Mejoramiento de la red desde el Nodo principal .....	87
<b>Figura 59-3:</b> Diseño de expansión .....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b> Total de población .....	48
<b>Gráfico 2-2:</b> Censo INEC 2'10 Ecuador .....	49
<b>Gráfico 3-2:</b> Crecimiento a futuro de la empresa MegaSpeed S.A. ....	52
<b>Gráfico 4-3:</b> Comportamiento entre situaciones. ....	74
<b>Gráfico 5-3:</b> Total clientes por zonas .....	78

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1:</b> Velocidad de propagación .....	17
<b>Ecuación 2-1:</b> Apertura Numérica .....	17
<b>Ecuación 3-2:</b> Tasa de crecimiento .....	50
<b>Ecuación 4-2:</b> Año de análisis.....	50

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tuvo por objetivo realizar un diagnóstico de la red óptica empresarial MegaSpeed S.A. y a su vez un diseño de expansión de una red óptica pasiva (G-pon) para una futura implementación de la misma en el sector de Guaytacama y Tanicuchí de la provincia de Cotopaxi. Para la elaboración del presente trabajo se utilizó una metodología inductiva, deductiva y sistemática tanto para la recolección de datos informativos como para el diagnóstico de la red óptica empresarial. Este análisis se lo realizó tanto en el nodo principal de la empresa como en el nodo secundario de la misma, se utilizó equipos de alta tecnología obteniendo como resultados algunas falencias, tales como: altas pérdidas por empalme, conectores de fibra en mal estado, equipos de transmisión con capacidad para pocos clientes, fibra óptica con muy pocos hilos, nodos con temperaturas elevadas, etc. Tomando en cuenta estas falencias que existen dentro del tendido de la red óptica se presentó un plan de mejora en el cual redacta detalladamente lo que se debe realizar para lograr un óptimo servicio con la finalidad de satisfacer los requerimientos tanto de la empresa como de los usuarios, se realizó una proyección a cinco años sobre los abonados de la red óptica que saldrían beneficiados con este servicio ya que debido a la demanda existente de empresas proveedoras del servicio de internet en el país fue necesario realizar un diseño de expansión de la red con tecnología G-pon utilizando el *software* AutoCAD, cabe recalcar que para el diseño se referenció por medio de un sistema de coordenadas universal transversal de mercator (UTM) cada uno de los postes por donde tendrá que trasladarse la fibra óptica, esto se lo hizo con el fin de elaborar una buena planificación, además de tener un conocimiento claro de la extensión territorial que vamos a cubrir con este proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <REDES DE COMPUTADORES>, <RED ÓPTICA PASIVA (G-PON)>, <FIBRA ÓPTICA>, <DISEÑO DE LA RED>, <ANÁLISIS DE LA RED>, <DIAGNÓSTICO DE LA RED>, <NODO>.



## SUMMARY

The present investigation was carried out with the objective of making a diagnosis MegaSpeed's S.A.; also, a turn expansion design of a passive optical network (G-PON) for a future implementation of the same at sector in Guaytacama and Tanicuchi, Cotopaxi province. For this work was used an inductive, deductive and systematic methodology both for collection of informational data and diagnosis of the business optical network. This analysis was performed on both the main node from enterprise and secondary node the same, high-tech equipment was used resulting in some shortcomings, such as: high splicing losses, bad fiber connectors, transmission with capacity for few clients, fiber optics with very few wires, nodes with high temperatures, etc. Taking into account these shortcomings that exist inside the optical network, an improvement plan was drawn up in which it elaborates in detail what must be done for an optimal service in order to satisfy the requirements of both company and the users, a five-year projections was made on subscribers of optical network that would benefit from this service since, due to existing demand of enterprise providing internet service in country, it was necessary to carry out a network expansion design with G-PON technology using AutoCAD software, it should be emphasized that to design, each of posts through which optical fiber should be transferred was referenced by means of a Mercator universal transverse coordinate system (UTM). To develop good planning. In addition to having a clear knowledge of the territorial extension that we are going to cover with this project.

**Keywords:** <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <COMPUTER NETWORKS>, <PASSIVE OPTICAL NETWORK (G-PON)>, <OPTICAL FIBER>, <NETWORK DESIGN>, <NETWORK ANALYSIS>, <NETWORK DIAGNOSIS>, <NODE>

## INTRODUCCIÓN

Al pasar los días la tecnología va creciendo a pasos agigantados utilizando nuevos métodos para un mejor servicio de internet, debido a la innovación tecnológica es necesario obtener conocimientos en el área de telecomunicaciones que se van desarrollando a la par para así poder dar soluciones eficientes e innovar nuevas propuestas a los problemas que se pueden presentar a diario.

En la actualidad hay muchas maneras de comunicarse de un punto a otro en cuestión de segundos y eso hace que cada vez las personas requieran más de este servicio por ende la empresa MegaSpeed S.A. requiere expandir su área de comunicación para así poder lograr llegar a mas subscriptores.

El objetivo del presente estudio es analizar los problemas que se presentan en una red de Fibra Óptica para así poder obtener la mayor cantidad de información y lograr obtener un plan de mejoramiento, esto ha conllevado a que las personas recurran a una mejor tecnología para así poder mejorar la calidad en la transmisión de datos, es de esta manera que se ha elaborado un diseño de expansión de la red empresarial MegaSpeed S.A. con la tecnología G-pon.

Con el diseño de esta nueva tecnología se pretende llegar a más usuarios y así estar en competencia de las grandes corporaciones, tomando en cuenta que primero se solucionará los problemas encontrados al momento del análisis de la red de Fibra Óptica para lograr obtener un desempeño óptimo de la misma, de esta manera es como se logrará cumplir con los objetivos planteados en nuestro proyecto de titulación.

## ANTECEDENTES

Las redes de internet desde sus inicios han sufrido cambios muy significativos orientados a la mejoría de su calidad de servicio (QoS). Los medios de transmisión así como sus elementos de red son los parámetros más importantes para garantizar un servicio eficiente, por lo cual la fibra óptica es la alternativa tecnológica más adecuada especialmente por su capacidad de transmisión, las distancias que pueden alcanzar, la atenuación e inmunidad a interferencias con respecto a otras tecnologías.

Tradicionalmente la fibra óptica no ha sido usada en la red de transporte únicamente debido al alto costo de sus materiales y ciertas limitaciones técnicas que presenta el manejo de pulsos de luz para transmitir información, el desarrollo de las red pasivas ópticas (PON – Passive Optical Network) permitió la utilización de elementos relativamente más económicos que no usan equipos electrónicos, lo que permitió que la aceptación de las FTTx haya aumentado extraordinariamente. (Hutcheson, 2008)

En Ecuador existen muchos Proveedores de Servicio de Internet (ISP – Internet Service Provider), el cual se encarga de conectar usuarios finales y negocios al Internet Público, con redes de fibra óptica y tecnología XPON. Debido al alto número de proveedores existe una alta competencia en cuanto a precios, calidad, garantía de servicio, entre otros. Sin embargo una empresa sobresale de otras por garantizar una mejor calidad de servicio (QoS), ofreciéndole velocidad, estabilidad, seguridad y disponibilidad entre otros factores. (Norton, 2000)

MegaSpeed S.A. lleva 5 años operando en el mercado, en el cual ha ido creciendo en torno a las exigencias de sus clientes, llegando en la actualidad a posesionarse como competencia entre las mejores empresas del país. Es una empresa dedicada a proveer de Internet, no revende el servicio de operadores locales, está conectado directamente a través de fibras ópticas terrestres a los operadores de cable Submarino en el Caribe. Pero para poder lograr posicionarse como una de las mejores empresas del país debe garantizar un trabajo con calidad de servicio (QoS) eficiente, por ello es importante que sus despliegues sean analizados con el fin de formular soluciones objetivas para su mejoramiento. (Mega speed, 2017)

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible diagnosticar el estado actual de la red de Fibra Óptica en la empresa MegaSpeed S.A, para el mejoramiento de la red y diseño de expansión en las localidades de Tanicuchi y Guaytacama?

## **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La calidad de servicio se ha originado para satisfacer las necesidades tanto de la empresa como de los usuarios, con el avance de la tecnología se han creado muchos parámetros los cuales necesitan ser cumplidos, pero para ello se debe hacer un análisis exhaustivo para poder encontrar sus errores y así poder ofrecer Indicadores de Calidad del Servicio de Acceso a Internet (Latencia, Velocidad de transmisión, Ancho de banda, etc.).

En la actualidad, redes totalmente distintas se fusionan en una red IP. Por ejemplo, las redes de telefonía y de video (CCTV) están migrando a IP. Una solución es permitir que los enrutadores y conmutadores de la red se comporten de forma distinta en función de los diferentes tipos de servicios (voz, datos, videos) mientras el tráfico pasa a través de la red. El término calidad de servicio hace referencia a las diversas tecnologías que garantizan una cierta calidad para los distintos servicios de la red. (DAySenR, 2017)

La presente investigación apunta al análisis de la red con la cual la empresa MegaSpeed S.A. ofrece su servicio de internet. Existen muchos trabajos de análisis sobre redes con distintas tecnologías. Sin embargo el interés fundamental de este trabajo de titulación radica en la necesidad de realizar una observación objetiva de la red de fibra óptica actual de la empresa MegaSpeed S.A, de tal forma que el aporte que se obtenga establezca posibles soluciones y recomendaciones para el mejoramiento de la calidad de internet.

El diagnóstico de la red de fibra óptica permitirá a la empresa MegaSpeed S.A brindar un servicio de internet óptimo, eficiente y con una disponibilidad en todo momento. El proyecto es factible realizarlo ya que se cuenta con la suficiente información, conocimientos y equipos necesarios para el análisis. Con esta información la empresa tendrá los elementos necesarios para garantizar lo ofrecido al cliente permitiendo disminuir y eliminar discrepancias en función al servicio que presta.

Los principales instrumentos que el proyecto requiere son: equipos de medición que permitirán determinar los niveles de potencia que la red maneja, equipos de prueba para establecer el envío y recibimiento de información, la información de los elementos de la red, además de las diferentes recomendaciones internacionales que regularizan y garantizan el correcto funcionamiento de esta tecnología.

## JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

El desarrollo del presente trabajo requiere como punto de partida la recolección de información y la adquisición de conocimientos teóricos y prácticos sobre los distintos elementos que se emplean en el despliegue de la red de fibra óptica en la empresa MegaSpeed S.A para brindar el servicio de internet. Además se estudiará las normativas, parámetros y convenios que tiene dicha empresa para con sus clientes.

Previo al análisis es necesario conocer el despliegue de la red y los lugares donde se encuentre brindando el servicio, posteriormente se establecerá la metodología de trabajo. Cabe recalcar que todo el trabajo será monitoreado por el personal de la empresa con el fin de evitar posibles daños en la red o el mal uso de los equipos de pruebas y medición.



**Figura 1:** Revisión de Materiales.

**Realizado por:** BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2016

Para obtener los resultados de caracterización de la red de fibra óptica MegaSpeed S.A. primero se realizará un estudio y reconocimiento de los equipos que se utilizarán, comprobaremos el estado de la red mediante la continuidad y polaridad, la pérdida de inserción punto a punto, así como también se verificará los empalmes o Splitters mediante una prueba con OTDR (reflectómetro óptico en el dominio de tiempo), también probaremos la red de los usuarios como es la potencia del transmisor y del receptor, dado que la potencia es la medición que le indica si

el sistema está operando de manera adecuada, así también se verificará la correcta configuración en cada equipo y se detallará de manera estricta la vulnerabilidad y problemas que esté presente. En el caso que exista cualquier problema que pueda ocurrir en la red de fibra óptica o en los equipos se irá adjuntando para que al final del análisis se pueda realizar una propuesta técnica de solución y mejoramiento de la red.

Los resultados del análisis permitirán brindar a la empresa MegaSpeed S.A soluciones factibles para el mejoramiento del servicio y de la empresa. Esto ayudara a la empresa a realizar nuevos trabajos con excelencia, por lo cual en el presente proyecto de titulación también se realizará un estudio para el diseño de una red G-pon en las localidades de Guaytacama y Tanicuchí, situada en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, para extender el número de clientes de la empresa y así se logrará un mayor posicionamiento en el mercado para competir con las grandes corporaciones.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diagnosticar la red óptica empresarial de MegaSpeed S.A para el mejoramiento de la red y diseño de expansión de las localidades de Tanicuchi y Guaytacama.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir los diferentes elementos que se emplean en una red de fibra óptica para la prestación de servicio de Internet.
- Realizar un despliegue de pruebas y mediciones del tendido de cable de la red de fibra óptica de la empresa MegaSpeed S.A.
- Analizar los parámetros técnicos de la infraestructura de la red óptica actual.
- Establecer un plan de mejoramiento de la red óptica empresarial de MegaSpeed S.A.
- Diseñar una red de expansión de fibra óptica en las localidades de Tanicuchi y Guaytacama.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo nos informaremos sobre la evolución de las telecomunicaciones y el impacto que ha producido este sistema de comunicación hasta la actualidad, mediante estos términos se cultivará los criterios de fibra óptica, tomando en consideración su definición y arquitectura por lo cual se profundizará en la tecnología FTTH (Fiber to the Home) en donde se estudiara el protocolo de comunicación base en la cual parte nuestra investigación.

#### **1.1. Evolución de las telecomunicaciones y tecnología**

Las telecomunicaciones comienzan en los pueblos que por su necesidad de comunicarse de alguna manera, como por ejemplo: señales luminosas y sonidos de tambor. En el siglo XIX se creó el telégrafo escrito, el cual, enviaba mensajes en letras y número, después se podía enviar varios mensajes sin la necesidad de un operador y en una línea, a éste último se lo llamo telégrafo múltiple. Las necesidades de las personas de mantener una comunicación a distancias largas han permitido que las telecomunicaciones busquen nuevas alternativas y mejoren su tecnología.

Inicialmente las telecomunicaciones en las zonas urbanas se utilizaban el cable multipar de cobre pero hoy en día, el nuevo horizonte de las telecomunicaciones es la fibra óptica la cual permite que la comunicación sea más eficiente y rápida (Telefónica, 2015) ya que para las comunicaciones modernas se utiliza transmitir voz, video y datos. La Fibra óptica en la actualidad se ha constituido en el medio de comunicación por excelencia para la trasmisión de grandes volúmenes de datos a altas velocidades. El desarrollo de la tecnología le ha permitido que pueda transmitir grandes cantidades de datos con una sola finalidad, que sea aprovechada al máximo en el mundo de las telecomunicaciones. (Uribe, 2005)

Lo cual las telecomunicaciones han traspasado niveles, ya que se va poniendo de manera internacional, que puede darse una relación entre países que necesiten una ayuda entre los mismos. Debemos saber que la tecnología va cambiando en el transcurso del tiempo, que toma nuevos rumbos que las personas deben ir investigando e implementando al manejo dentro de las empresas, ya que puede tomar redes o sitios que sirvan para el manejo del mismo sin tener que realizar complicaciones que en algún caso pueden ser resueltas de manera fácil.



### **1.1.1. Calidad de servicio en el Ecuador**

La regulación relativa a la calidad de los servicios de telecomunicaciones pretende garantizar que los usuarios finales puedan disponer de información sobre la calidad de los servicios de telecomunicaciones que los operadores prestan y ofrecen, para lo que se establece que cada operador debe publicar en su página de Internet, de acuerdo con un modelo común y con periodicidad trimestral, los niveles de calidad de servicio obtenidos en base a un conjunto de parámetros normalizados por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). De esta forma, se pretende reforzar la capacidad de elección de los usuarios, permitiendo que puedan comparar entre las condiciones contractuales y los niveles de calidad conseguidos por los distintos operadores. Para los servicios de banda ancha, como para el resto de servicios de telecomunicaciones, se establece el contenido de los contratos en lo relativo a la calidad de servicio, la calidad en la precisión de la facturación y el desglose detallado de la misma, así como el tratamiento de los sucesos que conlleven una degradación importante de la calidad del servicio. (Tomás , y otros, 2002)

### **1.1.2. Situación actual de las telecomunicaciones en el Ecuador**

Ecuador ha seguido la misma evolución que se ha producido a nivel mundial por sus necesidades, por la globalización, los cambios tecnológicos a nivel mundial ya sea por necesidad o por la globalización, han hecho que en el Ecuador, las telecomunicaciones evolucionen a las nuevas tecnologías es por eso que el país en sus planes de desarrollo considere la implementación de estos avances que permitan el progreso de la sociedad ecuatoriana y mejore su vida social, laboral y actividades diarias.

En el país se ha introducido un Plan Nacional de desarrollo de las telecomunicaciones que tiene como objetivo dar al país un sistema de telecomunicaciones de características, seguras y que satisfagan las necesidades para el progreso del sector.

Según el plan nacional de desarrollo de las telecomunicaciones 2007-2012 la oferta y demanda de telefonía móvil del país cuenta con un valioso incremento mientras que la telefonía fija ha disminuido porque las empresas administradas por el fondo de solidaridad no han cumplido con los planes de desarrollo y también porque no se han aplicado nuevas tecnologías. (Cosíos, 2016)

### **1.1.3. Red de telecomunicaciones**

El conjunto de medios de transmisión del mensaje y tecnologías (procesado, multiplexación, modulaciones), protocolos y facilidades en general necesarios para el intercambio de informaciones entre los usuarios de la red. La red en sí es compleja que es muy poco comprensible a diferencia de otros conceptos es por eso que debemos analizarlos de manera global ya que embarca toda comunicación por este sistema. En la cual se divide en dos grandes bloques que son:

#### **1.1.3.1. Red de acceso**

Proporciona las conexiones finales con los usuarios. Enlaza los locales de éstos con el núcleo de red. Cada usuario dispone de su propia línea de acceso, porque esta red posee gran capilaridad. Su objetivo primordial es facilitar los servicios a los clientes de forma transparente para ellos.

Tradicionalmente la red de acceso era de banda estrecha, pues se circunscribían a la prestación del servicio telefónico básico y a servicios de datos de baja/media velocidad. (Kenneth, y otros, 2004)

En la actualidad tenemos acceso a la banda ancha en lo que se ha convertido en un medio de comunicarse con los demás, teniendo al internet de manera que pueda utilizarse para investigaciones, ventas online o diferentes actividades que requiera un empresa o dependiendo de que quiere realizar el usuario con esta herramienta que nos ha podido experimentar o descubrir cosas nuevas.

#### **1.1.3.2. Red de tránsito o núcleo de red**

Denominada también red troncal que está constituida por un conjunto de nodos de conmutación, interconectados según determinadas topologías para el encaminamiento del tráfico y la señalización. Los nodos disponen de capacidad software que permite la habilitación de funciones de inteligencia de red que se plasman en los llamados Servicios de Red Inteligente, tales como los de buzón, contestador automático o reencaminamiento de llamadas. (Kenneth, y otros, 2004)

## 1.2. Fibra Óptica

### 1.2.1. Qué es la Fibra Óptica

El cable de fibra óptica es un hilo de vidrio y plástico consiste en un centro de cristal rodeado de varias capas de material protector como se puede observar en la figura 1-1.



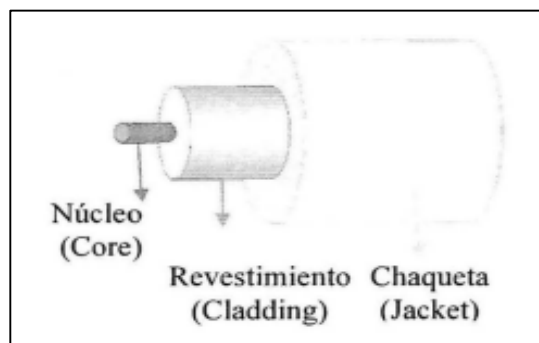
**Figura 1-1: Diseño del cable de Fibra**

Fuente: (Trenzado , y otros, 2001 págs. 493 - 530)

Lo que se transmite no son señales eléctricas sino luz con lo que se elimina la problemática de las interferencias, es ideal para entornos en los que haya gran cantidad de interferencias eléctricas y también se utiliza mucho en la conexión de redes entre edificios debido a su inmunidad a la humedad y a la exposición solar. (Trenzado , y otros, 2001 págs. 493 - 530)

### 1.2.2. Estructura de una fibra óptica

Las fibras ópticas convencionales corresponden a aquella estructura de silicio con un grosor cercano al de un cabello humano como se puede observar en la figura 2-1, con un núcleo como región primaria de guiado de la luz, cuyo diámetro alcanza unas cuantas micras. En el núcleo la composición del vidrio se altera por medio de un dopaje, de manera que el valor del índice de refracción es un poco mayor al del revestimiento, es decir, el medio que lo circunda. Esta diferencia de índice es la que permite que se dé el fenómeno de la reflexión total interna, mediante el cual la luz que se propaga por la fibra se mantiene mayoritariamente confinada en su núcleo. (Aristizabal, 2007 págs. 141 - 166)



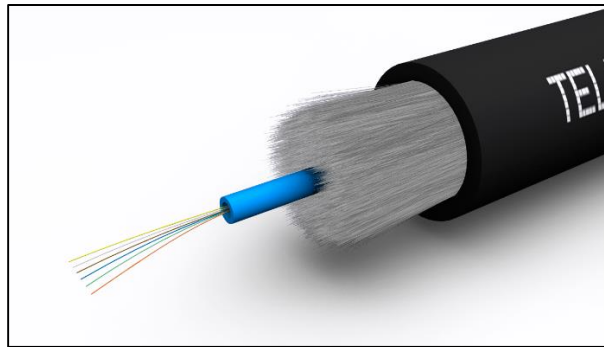
**Figura 2-1: Estructura de una Fibra Óptica**

Fuente: (Yaguache, y otros, 2016)

### 1.2.3. Características del cable de fibra óptica

El cable de fibra Óptica es una hebra extremadamente delgada de vidrio o silicio, está compuesto por un núcleo que guía las señales luminosas, cubierta por el revestimiento que rodea el núcleo encierra la luz en el núcleo y el recubrimiento que es la que protege la resistencia de la fibra de vidrio. (Axayacatl, 2015)

Como se observa en la figura 3-1, la fibra óptica es una nueva tecnología que se está utilizando principalmente en redes de datos provee un ancho de banda muy grande y no tienen mucha pérdida de señal, puede transmitir grandes cantidades de información y a largas distancias el cual se ha considerado un gran avance tecnológico en el mundo de las telecomunicaciones.



**Figura 3-1: Cable de Fibra Óptica**

FUENTE: (Axayacatl, 2015)

## 1.3. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica

### 1.3.1. Ventajas

Como expresa (Noboa, y otros, 2011) las ventajas son:

- Una ventaja es la versatilidad en el uso de las fibras, ya que los sistemas de comunicación por fibra son los mejores para la mayoría de formatos de comunicación de datos, voz y video.
- Por su baja atenuación, se garantiza excelente transmisión por 200 km sin el uso de repetidoras.
- La fibra posee un gran ancho de banda, ya que puede transmitir señales desde 10 GHz/km.
- No emite radiación electromagnética por lo tanto el ruido producido las ondas EM no afectan la información.

### **1.3.2. Desventajas**

- El costo de instalación de una red de fibra sigue siendo más elevado que el de una red con cable coaxial.
- Otra desventaja es su reparación, es muy complicada, por lo que se necesitan técnicos especializados. (Noboa, y otros, 2011)
- Debido a que la fibra no transmite electricidad, se limita su uso donde el terminal de recepción debe ser energizado. (Carangui, y otros, 2012)

### **1.4. Atenuación y longitudes de onda.**

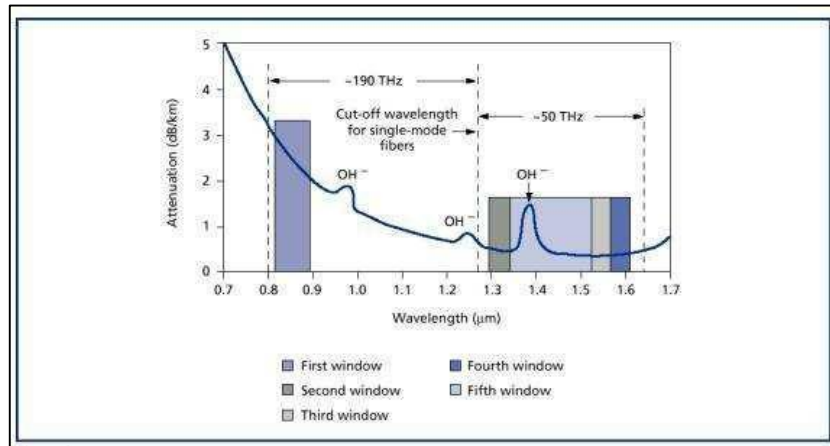
La atenuación, o pérdida de la señal, deriva de dos causas: el índice de absorción de luz que tenga el material que compone la fibra óptica y su pureza. La absorción reduce la energía en la señal, por lo que puede no llegar completa al destino; mientras que un material impuro desviará la luz de su camino entre el núcleo y el recubrimiento. Sin embargo, otro factor que impacta el rendimiento de la fibra es la longitud de onda del haz de luz, que se mide en nanómetros (nm), o mil millonésima de metro, siendo las longitudes de onda más comunes 780, 850, 1300, 1550 y 1625 nm.

#### **1.4.1. Ventanas de Operación**

Un parámetro importante en la transmisión por fibra óptica es su ventana de operación, la cual está definida por la longitud de onda central de la fuente que se utiliza para el envío de datos; cada ventana define el parámetro de atenuación por kilómetro que sufrirá la fibra durante la transmisión. Dichas ventanas corresponden a la porción del espectro lumínico en la cual la fibra óptica presenta una menor atenuación, las mismas se describen a continuación:

- Primera Ventana: 850 nm
- Segunda Ventana: 1310 nm
- Tercera Ventana: 1550 nm
- Cuarta Ventana: 1625 nm
- Quinta Ventana: 1470 nm

Como se puede observar en la figura 4-1, la atenuación es mayor en la primera ventana con relación a la tercera, pero los equipos generadores de luz en la tercera ventana tienen un costo más elevado debido a su complejidad en la fabricación de dichos equipos. (Yaguache, y otros, 2016)



**Figura 4-1: Ventanas de Operación de la fibra óptica.**

Fuente: (Yaguache, y otros, 2016)

### 1.5. Tipos de fibra

Hay tres variedades de fibra óptica que se usan en la actualidad. Las tres se fabrican con vidrio, plástico o una combinación de vidrio y plástico. Esas variedades son:

- Núcleo y forro plástico
- Núcleo de vidrio con forro de plástico (llamado con frecuencia fibra PCS, plastic-clad silica o sílice revestido con plástico).
- Núcleo de vidrio y forro de vidrio

Las fibras de plástico tienen varias ventajas sobre el vidrio: son más flexibles y, en consecuencia, más robustas que el vidrio, fáciles de instalar, pueden resistir mejor los esfuerzos, son menos costosas y pesan menos.

Las fibras con núcleos de vidrio tienen bajas atenuaciones características; sin embargo, se afectan menos por la radiación y, en consecuencia, tienen mucho más atractivo en las aplicaciones militares, fáciles de terminar, son menos robustas y más susceptibles a aumentos de atenuación cuando están expuestas a la radiación. (Wayne, 2003 pág. 976)

Las fibras en conjunto de vidrio y plástico pueden considerarse una manera factible de realizar las cosas, por una parte dice que el vidrio es pesado pero es menos accesible a las atenuaciones, pero por otra parte el plástico corre más peligro, entonces debemos decidir por la que nos traiga menos

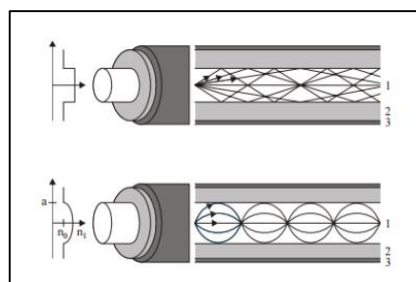
problema en el momento de instalas una red, ya que esto sirve de manera permanente en una persona, para la comunicación de todos. Revisar bien las alternativas que nos dan así en el transcurso de la utilización puede haber menos márgenes de errores, conteniendo esto más factibilidad de éxito en la red y tener un mejor funcionamiento que nos sirva de manera permanente dentro del mismo.

## 1.6. Modos de Propagación en la fibra óptica

La clasificación de la fibra óptica se realiza en base a las distintas trayectorias que un haz de luz puede seguir en su interior, estas trayectorias son denominadas modos de propagación, siguiendo este precepto se tienen dos tipos de fibra óptica: la fibra multimodo y la monomodo. (Yaguache, y otros, 2016)

### 1.6.1. Fibra multimodo

Fue el primer tipo de fibra en ser comercializado debido a su facilidad de fabricación, tiene un núcleo mucho mayor que la fibra monomodo, permitiendo la propagación de múltiples haces de luz al mismo tiempo, de la misma manera, el diámetro de su núcleo permite el uso de transceptores de bajo costo basados en diodo LED. Se pueden clasificar de acuerdo al cambio del índice de refracción entre el núcleo y la cubierta, las fibras en las que los índices de refracción son muy distintos se conocen como fibras de índice escalonado, las fibras en las que el índice del núcleo y el de la cubierta son prácticamente iguales se conoce como fibra de índice gradual. Ambos tipos de fibra multimodo son utilizados en aplicaciones con distancias bastante cortas (máximo 2 Km), en la figura 5-1 se puede apreciar un ejemplo de fibra multimodo con índice escalonado en la parte superior e índice gradual en la inferior, en donde las regiones 1, 2 y 3 representan al núcleo, el revestimiento y la cubierta, respectivamente. (Yaguache, y otros, 2016)

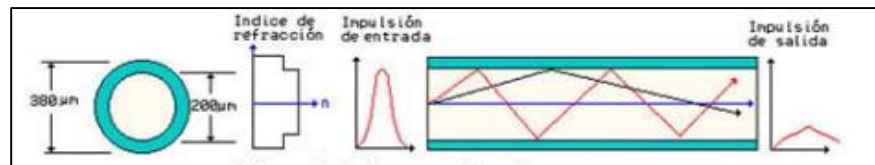


**Figura 5-1: Fibra multimodo**

Fuente: (Pinto, 2014)

### 1.6.1.1. Fibra multimodo de índice escalonado

Se parece a la configuración monomodo, pero tiene un núcleo de mayor diámetro ( $50\mu\text{m}$  o  $62,5\mu\text{m}$ ). Por esta razón, tiene mayor ángulo de aceptación permitiendo la entrada de más luz a la fibra. Como se observa en la figura 6-1 existen múltiples trayectorias que sigue la luz, es decir, no todos los rayos siguen la misma trayectoria, por lo tanto cada rayo tendrá tiempos diferentes para propagarse a lo largo del cable. (Pinto, 2014)

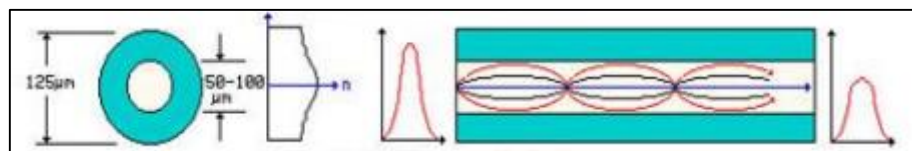


**Figura 6-1: Fibra multimodo con índice escalonado**

Fuente: (Pinto, 2014)

### 1.6.1.2. Fibra multimodo de índice gradual

Se caracterizan porque el índice de refracción del núcleo no es uniforme, variando desde uno mayor en el centro y disminuyendo gradualmente hasta la periferia. Como se muestra en la figura 7-1 la luz en este tipo de fibras se propaga por refracción. Debido a que la velocidad de la luz decrece con el crecimiento del índice de refracción, la velocidad de la luz para modos cerca del centro del núcleo es menor que en la zona cerca al límite con la corteza, con lo cual los rayos de la periferia que recorren mayor distancia tienen mayor velocidad y los que en el centro recorren menor distancia tienen menor velocidad, tardando aproximadamente lo mismo en recorrer la longitud de la fibra. (Pinto, 2014)



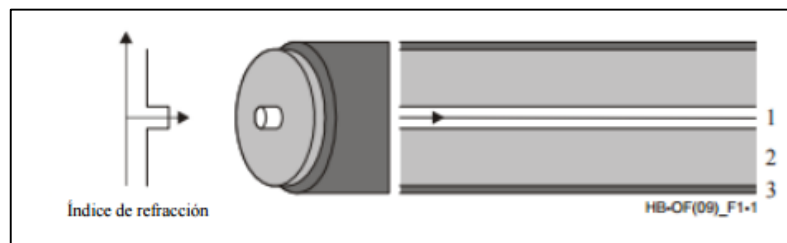
**Figura 7-1: fibra de índice gradual.**

Fuente: (Pinto, 2014)



### 1.6.2. Fibra monomodo

Este tipo de fibra tiene un diámetro de núcleo mucho menor que las fibras multimodo, lo que permite la propagación de un solo modo a la vez. Puede parecer que la fibra multimodo tiene mayor capacidad que la monomodo, pero lo cierto es al contrario. Las fibras monomodo son diseñadas para mantener la integridad espacial y espectral de la señal óptica, de hecho, gracias a su tremenda capacidad de transporte y pérdidas intrínsecas increíblemente bajas, la fibra monomodo es la seleccionada para aplicaciones en las que se tienen distancias mayores a 10 Km. Solamente existe un tipo de fibra óptica monomodo, de índice escalonado, en la figura 8-1 se puede apreciar una fibra óptica monomodo, en donde las regiones 1, 2 y 3 representan al núcleo, el revestimiento y la cubierta. (Yaguache, y otros, 2016)



**Figura 8-1: Fibra Óptica monomodo.**

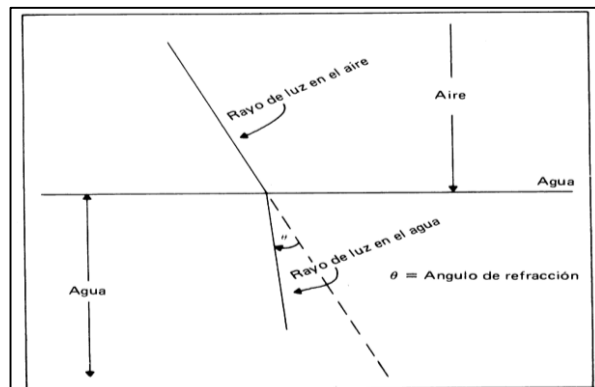
Fuente: (Yaguache, y otros, 2016)

## 1.7. Propagación de la luz a través de una fibra óptica

### 1.7.1. Reflexión y refracción de la Luz

Si un rayo de luz viaja de un medio a otro, se curvará en el caso en que los dos materiales posean diferentes propiedades de conductividad de rayos luminosos. Un ejemplo típico es como un humano observando a un pez en el agua, le ve en un punto donde realmente no está situado. El motivo por el que se curvan los rayos de luz es debido a que nuestra visión se basa en los rayos que penetran en nuestros ojos, y los rayos que forman el pez son rayos de luz reflejados, que salen del pez (y del agua) y entran en otro medio con distinta conductividad. (Córdoba, 2003 pág. 126)

La figura 9-1 muestra la refracción de un rayo de luz que cambia de medio y por lo tanto de índice de refracción.



**Figura 9-1: Refracción de un rayo de luz.**

Fuente: (Córdoba, 2003 pág. 126)

### 1.7.2. Velocidad de propagación de la luz en la fibra

La velocidad de propagación de la luz en la fibra óptica depende directamente del índice de refracción del material (siempre mayor a 1); siendo su fórmula la siguiente:

$$vp = \frac{c}{n}$$

#### Ecuación 1-1: Velocidad de propagación

Vp: Velocidad de propagación de la luz en la fibra óptica.

c: Velocidad de propagación en el vacío.

n: índice de refracción del medio. (1,46 – 1,96 Valor típico para fibra óptica). (Carangui, y otros, 2012)

### 1.7.3. Apertura numérica

La apertura numérica, parámetro característico de las fibras ópticas de salto de índice, se define como:

$$AN = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

#### Ecuación 2-1: Apertura Numérica

Siendo n1 y n2 los índices de refracción del núcleo y de la cubierta de la fibra, respectivamente. En las fibras multimodo, y para una incidencia desde el vacío, la apertura numérica se halla

relacionada con el ángulo de aceptación:  $\sin \theta_a = AN$ ; así pues, posee un significado semejante a él. Por extensión, la apertura numérica se aplica también a las fibras monomodo aunque en este caso se trata de un número sin significado físico directo. (Boquera, 2005)

#### **1.7.4. Atenuación en la fibra óptica**

Disminución de la potencia de la señal a medida que ésta se propaga. En una fibra óptica, y para un determinado modo de propagación, dicha reducción de la potencia se produce de manera exponencial con respecto a la longitud recorrida. Al expresar esta relación en unidades logarítmicas (decibelios), se obtiene que la atenuación sea proporcional a la distancia. La constante de proporcionalidad, denominada constante de atenuación, tiene unidades de dB/km.

Esta última se define como la situación en la cual la proporción de potencia transportada por cada modo se mantiene con la distancia. La atenuación depende de la longitud de onda de operación. Para las fibras de óxido de silicio convencionales, ésta es mínima alrededor de 1550 nm. (Boquera, 2005)

La atenuación es muy importante al momento de la comunicación entre un enlace óptico ya que al momento que viaja la luz puede existir muchas irregularidades y eso hace que exista mayor pérdidas al momento de llegar a su destino. La atenuación presenta dos categorías:

- Intrínseca

Existen fibras ópticas que vienen con este problema ya que al momento de su fabricación se producen impurezas de vidrio y eso hace que tengamos pérdidas. La atenuación intrínseca se divide en dos grupos los cuales son la difusión y la absorción.

- Extrínseca

La atenuación extrínseca se produce cuando los técnicos manipulan la fibra óptica al momento de su tendido, aquí es donde se refracta y existen pérdidas de potencia, esto suele suceder en los tramos que existen muchos cruces y su curvatura no está en los parámetros que recomienda la UIT-T G.652. La atenuación extrínseca se divide en dos grupos que son la macrocurvatura y la microcurvatura. (G, 2011)

### 1.7.5. Dispersión en la fibra óptica

La dispersión es el fenómeno por el cual un pulso se deforma a medida que se propaga a través de la fibra óptica. Esta distorsión, entre otros factores, se da debido a los diferentes tiempos de desplazamiento de los distintos rayos de luz a través de la fibra, esto causa que el pulso recibido se ensanche en el tiempo. La dispersión es normalmente especificada en nanosegundos por kilómetro como se observa en la figura 10-1.



**Figura 10-1: Dispersión de una fibra óptica.**

Fuente: (Taco, y otros, 2009)

Los tipos de dispersión de mayor consideración son:

#### 1.7.5.1. Dispersión modal

La dispersión modal, es causada por la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman diferentes trayectorias por una fibra. La dispersión modal puede ocurrir sólo en las fibras multimodo, se puede reducir considerablemente usando fibras de índice gradual.

La dispersión modal puede causar que un pulso de energía de luz se disperse conforme se propaga por una fibra. Si el esparcimiento es lo suficientemente severo, un pulso puede solaparse con el próximo pulso, causando interferencia intersimbólica (ISI). En una fibra multimodo de índice escalonado, un rayo de luz que se propaga por el eje de la fibra requiere menor tiempo para viajar a lo largo de la trayectoria. (Taco, y otros, 2009)

#### 1.7.5.2. Dispersión cromática

La dispersión cromática se debe a que el espectro de luz que proporciona la fuente contiene componentes a distintas longitudes de onda. Afecta a fibras monomodo y multimodo, siendo este tipo de dispersión la que limita la velocidad de transmisión en las fibras monomodo.

La fibra óptica convencional tiene un coeficiente de dispersión de guía de onda positivo; esto quiere decir que las longitudes de ondas mayores tienen mayor tiempo de tránsito a través de la

fibra comparado con las longitudes de ondas cortas. Este diferencial de retardo hace que el pulso se deforme.

Las fuentes de luz emiten un rango de longitudes de onda que con una anchura espectral mayor causan que la deformación del pulso transmitido también sea mayor. Esta deformación es continua a lo largo de todo el enlace de fibra, por lo cual a una mayor longitud se presentará una deformación mayor. En tramos largos de fibra la dispersión cromática puede generar ISI (Intersymbol Interference).

La sensibilidad a la dispersión cromática se incrementa linealmente con la distancia y de manera cuadrática con la velocidad de grupo de la onda. La dispersión cromática es el resultado combinado de dos efectos diferentes: la dispersión del material y la dispersión de guía de onda.

- En el vidrio de sílice, el índice refractivo<sup>2</sup>, es dependiente de la longitud de onda de la señal. La dispersión del material explica el ensanchamiento de un pulso óptico debido a las velocidades diferentes de las frecuencias ópticas que constituyen un pulso.
- La dispersión de guía de onda se refiere a las diferencias en la velocidad de la señal que dependen de la distribución de la potencia óptica sobre el núcleo y el manto de la fibra óptica. Conforme la frecuencia de la señal óptica disminuye, la mayor parte de la señal óptica es transportada en el manto que tiene un índice refractivo diferente que el núcleo de la fibra.

La única manera de combatir los efectos negativos de la dispersión cromática es tratar de trabajar con una fuente de luz lo más pura posible compuesta por una sola longitud de onda. (Taco, y otros, 2009)

#### **1.7.5.3. Dispersión de modo de polarización**

Cuando se realizaron las primeras discusiones sobre la Dispersión de Modo de polarización en el año 1986, sólo unos cuantos investigadores consideraron que este efecto llegaría a formar parte de las restricciones del negocio de las comunicaciones por fibra óptica. La PMD (Polarization Mode Dispersion), puede distorsionar la señal, hasta hacer inmanejables los bits, destruyendo la integridad de una red.

El problema principal es que el núcleo de la fibra no es perfectamente redondo, lo que origina dispersión a un grado tal que puede dejar a la señal en un estado que difícilmente pueda ser detectada. Cuando la luz viaja en una fibra monomodo hacia el receptor, tiene dos modos de polarización que viajan en dos ejes, y se mueven formando un ángulo recto uno del otro. En una fibra ideal las dos polarizaciones se propagarían a la misma velocidad de fase pero en realidad cualquier asimetría, curvatura o torsión hace que las dos polarizaciones se propaguen a diferente velocidad, lo que provoca PMD.

Una fibra real exhibe diferentes tipos de imperfecciones: torsión o curvatura, impurezas en la fibra, y asimetría de la misma. Las imperfecciones son parte inherente del proceso de fabricación y son en parte causadas por las condiciones ambientales y la calidad del despliegue o instalación de la fibra. La simetría en la configuración es casi constante en el tiempo lo cual causa una PMD constante. La curvatura y tensión pueden variar en el tiempo debido a los cambios de la temperatura y aún mostrar fluctuaciones diurnas (Día/Noche) de la torsión y causar variaciones de la PMD (Taco, y otros, 2009)

## **1.8. Empalmes.**

Los empalmes son necesarios al momento que la red óptica sea demasiado extensa ya que la mayoría de los carretes vienen de 4km y existen enlaces que tienen como mínimo 20 km.

Existen dos tipos de empalmes los cuales son:

### **1.8.1. Empalmes mecánicos.**

Son conectores que alinean la fibra desnuda y son mecánicamente ajustables para el empalmado, el problema de estos empalmes es que generan pérdidas más grandes como son de 0.1 db a 0.8 db.

### **1.8.2. Empalme por fusión.**

Este genera pérdidas menores a los empalmes mecánicos ya que utilizan un empalmadora de fusión es por este motivo que la fibra desnuda es alineada con presión y nos genera una pérdida menor a 0.1 db.

### **1.8.3. Pérdida de empalmes**

Existen varias causas que pueden existir en un empalme entre las principales tenemos:

### **Desalineación**

Se produce al momento que la fibra desnuda no está alienada esto hace que se produzca una dispersión de la luz.

### **Espacios vacíos**

Esto se produce al momento de la fusión, cuando quedan espacios vacíos y produce una dispersión de luz.

### **Superficies rugosas**

Suele suceder cuando la fibra se encuentra maltratada en sus extremos y como consecuencia permite que la luz se escape en varios ángulos.

### **Apertura numérica.**

Esto suele suceder cuando las fibras que se están fusionando no son del mismo tipo es decir que una fibra de un extremo sea la G.652 y la del otro extremo sea la G.655 eso hará que la luz se escape en varios ángulos ya que su diámetro no será el mismo.

## **1.9. Conectores y empalmes de Terminación.**

Los conectores se utilizan al momento que termina el tendido de una Fibra Óptica ya sea para conectar a un ODF o a un equipo óptico.

Existen dos técnicas muy comunes que se utilizan para la terminación de la fibra:

### **1.9.1. Conector instalable en sitio.**

Son las fibras que finalizan directamente con un conector.

### **1.9.2. Pigtail**

Generalmente los pigtail se utilizan en las bandejas de empalme esto es porque los pigtail tienen en un extremo un conector y a su otro extremo tienen una fibra desnuda los cuales son empalmados con la fibra óptica que ingresa.

### 1.9.3. Tipos de conectores ópticos

De acuerdo al estándar ANSI/TIA/EIA 568-B.3, los conectores para fibras multimodo deben ser de color beige. Los conectores para fibras monomodo deben ser de color azul.

Los conectores típicamente utilizados son los siguientes:

#### 1.9.3.1. ST: Straight Tip Bayonet Connector

Es un conector utilizado en cables de fibra óptica, como se muestra en la figura 11-1 utiliza un enchufe y un conector tipo bayoneta. (Berral, 2014)

- Mediados de los 80 por ATT.
- Similar al conector BNC.
- Resistente a vibraciones.
- Retención insegura frente a tirones.
- Ferrule cerámica, en general.
- El más utilizado en aplicaciones multimodo.



**Figura 11-1: Conector ST.**

Fuente: (Berral, 2014)

#### 1.9.3.2. SC: Subscriber Connector

Como se muestra en la figura 12-1 es un conector de fibra óptica con un mecanismo de enclavamiento push-pull que proporciona inserción y extracción rápidas al tiempo que garantiza una conexión positiva. (Berral, 2014)

- Años 90 por NTT.
- Posibilidad de conexiones dobles y múltiples.
- Tipo push-pull.



- Ferrule cerámica en general.
- Aplicaciones mono y multimodo.
- Recomendado por la normativa americana.
- Tiende al pulido APC.



**Figura 12-1: Conector SC.**

**Fuente:** (Berral, 2014)

### **1.9.3.3. LC: Lucent Conector**

Termina el extremo de una fibra óptica y permite una conexión y desconexión más rápidas que el empalme como se puede ver en la figura 13-1. (Berral, 2014)



**Figura 13-1: Conector LC**

**Fuente:** (Berral, 2014)

## **1.10. Tecnología FTTH (Fiber To The Home)**

### **1.10.1. Descripción del sistema FTTH**

El acrónimo FTTx es conocido ampliamente como Fibre-to-the-x, donde x puede denotar distintos destinos. Los más importantes son: FTTH (home), FTTB (building), y FTTN (node). En FTTH, o fibra hasta el hogar, la fibra llega hasta la casa u oficina del abonado. En cambio, en FTTB la fibra termina antes, típicamente en el interior o inmediaciones del edificio de los

abonados. En FTTN la fibra termina más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio. La elección de una arquitectura u otra dependerá fundamentalmente del costo unitario por usuario final y del tipo de servicios que quiera ofrecer el operador.

En una arquitectura FTTB y FTTN, que es el modelo que más éxito tendrá a corto plazo en España, el enlace de fibra óptica se establece entre una oficina central y un punto de distribución intermedio, y desde éste se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2 (Very high bit-rate Digital Subscriber Line 2) sobre par de cobre o WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) de forma inalámbrica. De este modo, el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor coste, reutilizando la infraestructura del abonado.

Existen varias soluciones tecnológicas para ofrecer FTTx. Estas opciones suelen ser divididas en dos amplias categorías: PON (Passive Optical Network), que no requieren de componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador; y ASON (Active Optical Network), donde hay instalados componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador. (Tejedor, 2008)

### **1.10.2. Características del sistema**

Al ser un sistema nuevo, compuesto de fibra óptica y equipos ópticos, esta es una red que requiere de una inversión inicial considerable, con lo cual los diseñadores de una red deben buscar caminos para migrar hacia nuevas tecnologías y poder aprovechar todo el ancho de banda que la fibra óptica puede ofrecer y que las tecnologías GPON y EPON no están en capacidad de ofrecer, de manera que se garantice a futuro, el uso de la inversión en infraestructura, evitando cualquier cuello de congestión del servicio con el incremento de la demanda.

Los sistemas FTTH tiene la capacidad de utilizar sistemas PON de siguiente generación la cual extendería el ancho de banda hasta hacerlo casi ilimitado. (Wiley, y otros, 2005 pág. 68)

Las GPON (redes de próxima generación) que están en desarrollo y se tiene previsto que permanezca de esta forma en los próximos 5 a 8 años por lo que en la actualidad se deben utilizar las tecnologías de sistemas ópticos pasivos existentes considerando que una red FTTH en el futuro será la única solución a la demanda de servicios que se tendrá. (Wiley, y otros, 2005)

## 1.11. Protocolos de comunicación

### 1.11.1. Estándares básicos.

#### 1.11.1.1. UIT-T G.652

Es del tipo monomodo SM (SingleMode) normalizada en ITU-T G.652. Se trata de la FO más popular en redes de telecomunicaciones actuales. Es factible de usarse en 1300 y 1550 nm. Debido a la dispersión cromática esta FO está optimizada para el cero de dispersión en 1300 nm, como se muestra en la figura 14-1.

#### ITU-T G.652. FIBRA MONOMODO STANDARD.

.Longitud onda corte	1,18 a 1,27 $\mu\text{m}$
.Diámetro del campo modal	9,3 (8 a 10) $\mu\text{m}$ (tolerancia 10%)
.Diámetro del revestimiento	125 $\mu\text{m}$ (tolerancia 3 $\mu\text{m}$ )
.Recubrimiento de silicona Coating	245 $\mu\text{m}$ (tolerancia 10 $\mu\text{m}$ ). Acrilato curado con UV.
.Error de circularidad del revestimiento	2%
.Error de concentricidad del campo modal	1 $\mu\text{m}$
.Atenuación	de 0,4 a 1 dB/km en 1300 nm
.Atenuación	de 0,25 a 0,5 dB/km en 1550 nm
.Dispersión cromática 1285-1330 nm	3,5 ps/km.nm
.Dispersión cromática 1270-1340 nm	6 ps/km.nm
.Dispersión cromática en 1550 nm	20 ps/km.nm

**Figura 14-1: Estándar Fibra Monomodo**

Fuente: (Spw, 2014)

Como podemos ver en la figura 15-1 el estándar UIT-T G.652A es el que actualmente se encuentra operando en la empresa MegaSpeed S.A, a la cual debemos guiar para tener una excelente comunicación.

Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 $\mu\text{m}$
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 $\mu\text{m}$
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{\text{omin}}$	1300 nm
	$\lambda_{\text{omax}}$	1324 nm
	$S_{\text{omax}}$	0,092 ps/nm <sup>2</sup> × km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,5 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PDM <sub>Q</sub> máximo	0,5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

**Figura 15-1: Parámetros Técnicos UIT-T G.652 A**

Fuente: (Wayne, 2003)

### **1.11.1.2. ITU-T G.984.x G-pon**

La presente recomendación propone las características de GPON basadas en los requisitos de servicio de los operadores.

#### **a) ITU.T G.984.1 (03/2008)**

En esta Recomendación se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de ancho de banda de los servicios para empresas y particulares y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido descendente (hacia el destino) y de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s; 1,2 Gbit/s y 2,4 Gbit/s en sentido ascendente (hacia el origen). Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (G-PON, gigabit passive optical network) simétricos y asimétricos (ascendentes/descendentes).

#### **b) ITU-T G.984.2 Amendment 2 (03/2008)**

Esta recomendación proporciona una mejora en la Recomendación UIT-T G.984.2 para apoyar a nivel óptico de vigilancia y una nueva terminación de línea óptica (OLT) especificación de una interfaz óptico (C +) que puede permitir una pérdida de extensión presupuestaria de 4 dB. Además, una modificación a los 2.488 Gbit/s en sentido descendente

#### **c) ITU-T G.984.3 (01/2014)**

La Recomendación UIT-T G.984.3 describe la capa de convergencia de transmisión con capacidad gigabit para redes ópticas pasivas, una familia de redes de acceso flexible capaz de proporcionar una amplia gama de banda ancha y servicios de banda estrecha, que operan en las tasas de 2.48832 Gbit/s en sentido descendente y 1.24416 o 2.48832 Gbit/s en sentido ascendente. Esta recomendación incluye las siguientes especificaciones:

- Pon gigabit de convergencia de transmisión (GTC) entramado de capa;
- El anterior mecanismo de acceso múltiple por división de tiempo;
- La capa física de operación, administración y mantenimiento (OAM) canal de mensajería;
- Principios y mecanismo de señalización de la sonda de la asignación dinámica del ancho de banda;
- Una unidad de red óptica (ONU) Método de activación;
- Forward Error Correction;
- Seguridad.

**d) G.984.4 (02/2008)**

La recomendación ITU-T G. 984. 4 provee la dirección de la terminación de la red óptica (ONT) y control de interfaz (OMCI) especificando para la red óptica pasiva gigabit (G-PON) el cual es un sistema definido en las Recomendaciones ITU-T G. 984. 2 y G. 984. 3.

En primer lugar, especifica las entidades manejadas de una base de información de la dirección independiente del protocolo (MIB) que modela el intercambio de información entre la terminación de la línea óptica (OLT) y la terminación de la red óptica (ONT). Además, cubre la dirección ONT y canal de control, protocolo y mensajes detallados. Esta versión revisada incorpora el material de la Enmienda 1 (2005), la enmienda 2 (2006) y la enmienda 3 (2006).

Además del trabajo de colección puramente editorial, esta revisión se esfuerza por quitar todas las referencias a las capacidades del transporte del ATM opcionales de G-PON, ya que todos los sistemas modernos no lo apoyan.

**e) ITU-T G.984.5 (05/2014)**

La recomendación ITU-T G. 984.5 define variedades de la longitud de onda reservadas para señales de servicios adicionales en la multiplexión de la división de la longitud de onda (WDM) en futuras redes ópticas pasivas (PON) para maximizar el valor de redes de distribución ópticas (ODNs).

**f) ITU-T G.984.6 (03/2008)**

Recomendación UIT-T G.984.6 describe los parámetros de interfaz y arquitectura de G-PON, son sistemas con mayor alcance ya que con una capa física alcanzan dispositivo de extensión como un regenerador o amplificador óptico en el enlace de fibra entre la terminación de línea óptica (OLT) y red óptica terminación (ONT). El alcance máximo es de hasta 60 km con presupuestos de pérdida de exceso de 27,5 dB.

### 1.12. Descripción del estado inicial de la red de la empresa MegaSpeed S.A.

La empresa MegaSpeed S.A. es una empresa dedicada a brindar el servicio de valor agregado “Internet”, se encuentra ubicado en la Provincia de Cotopaxi cantón Latacunga, el cual logra dar su servicio mediante dos medios de transmisión que es por Fibra óptica y radio enlaces.

En la actualidad la empresa MegaSpeed S.A. posee un área de cobertura superior a la competencia ya que cuenta con 1687 clientes de los cuales un 80% brinda servicio por medio de radio base y apenas un 20% se brinda por medio de fibra óptica como se observa en la siguiente figura 16-1.

**Realizado por:** BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017



**Figura 16-1 Nodos de Radio base y Fibra óptica.**

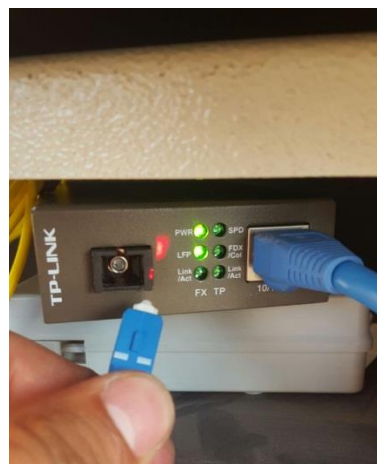
Como se pudo observar en la anterior figura la empresa tiene una cobertura amplia mediante radio base en casi todos los cantones de la provincia de Cotopaxi, a continuación se mostrará en la figura 17-1 mediante un mapa los lugares que tiene cobertura la empresa MegaSpeed S.A.



**Figura 17-1: Mapa de la cobertura de MegaSpeed S.A.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Además MegaSpeed S.A. se encuentra brindando el servicio de internet mediante Fibra óptica en los sectores de Latacunga y Saquisilí utilizando para la interconexión con sus abonados los transceiver como se muestra en la figura 18-1.



**Figura 18-1: Transceiver para la transmisión de datos.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 1.12.1. Visión del cliente.

En la actualidad la mayoría de las personas buscan un proveedor de servicio de internet que sea eficaz y tenga una velocidad alta al momento de abrir una página o descargar un programa para esto la empresa ha tratado de complacer a sus clientes dejando libre el acceso para cualquier página web que necesite el abonado, ha esto se ha sumado planes y tarifas que sean cómodas y accesibles para sus abonados y futuros clientes. A continuación en la figura 19-1 se muestra los planes y tarifas que la empresa administra.



**Figura 19-1: Planes empresa MegaSpeed S.A.**

Fuente: (Mega speed, 2017)



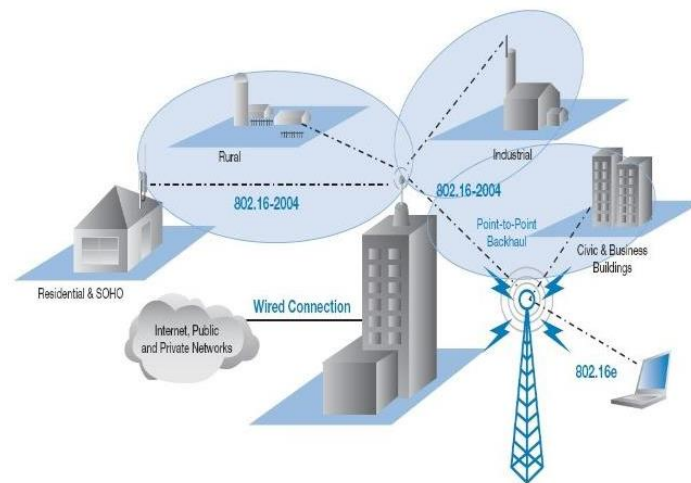
### 1.12.2. Visión del Proveedor

Somos una organización que surgió en el Ecuador en el año 2010 en amplia demanda de los ecuatorianos de un servicio de Internet rápido, confiable, y seguro autónomo de falencias e interferencias, y que afirme la confidencialidad de la información de los clientes.

En MegaSpeed S.A. proveemos un servicio de Telecomunicaciones, que brinda soluciones de Internet a clientes personales y corporativos, logrando acceder desde su hogar, negocio o empresa a todos los servicios y beneficios que ofrece una conexión rápida y eficaz.

### 1.12.3. Estructura del ISP

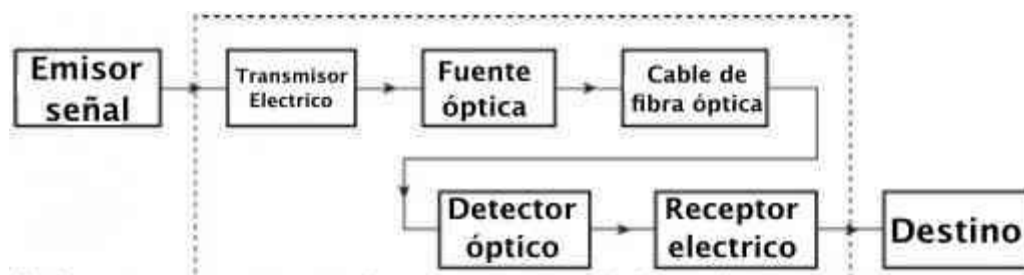
En la figura 20-1 se muestra la estructura del servicio de internet media Radio-Base.



**Figura 20-1: Comunicación mediante Radio Base.**

Fuente: (Ocampo, y otros, 2007)

En la figura 21-1 se muestra como actualmente es la comunicación mediante fibra óptica a los abonados.



**Figura 21-1: Comunicación mediante Fibra Óptica.**

Fuente: (TELEPRO, 2015)

#### **1.12.4. Equipos de conectividad de la red óptica MegaSpeed S.A.**

El objetivo de detallar cada uno de los equipos es con el fin de saber si están calificados para poder brindar el servicio de valor agregado y si estos equipos están aptos para poder ser utilizados en el diseño de la red de expansión, con esto se logrará obtener un excelente servicio de calidad y estabilidad para cada uno de los abonados.

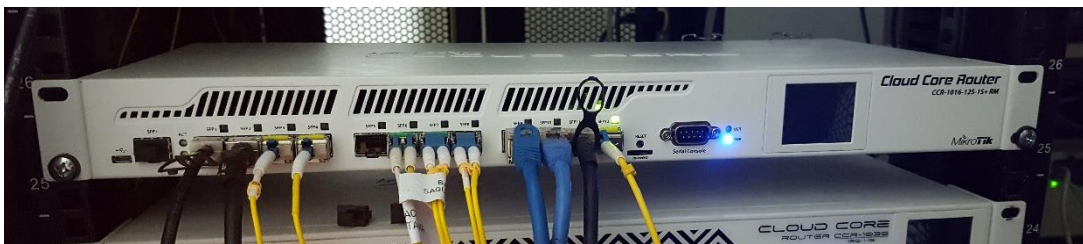
Se tomó como muestra el nodo principal como se puede observar en la figura 22-1, en el cual se irá detallando cada uno de los equipos que comprenden en un enlace punto a punto y un enlace multipunto para así lograr obtener un óptimo análisis y lograr poder dar mejoras al final del mismo, a continuación describimos cada uno los equipos que intervienen en los enlaces:



**Figura 22-1: Rack del nodo Principal.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

En la figura 23-1 se puede observar un router cloud core CCR1036-12G-4S, también conocido como RB, es un enrutador con un CPU de 36 núcleos, súper rápido, con una ganancia de veinte y cuatro millones de paquetes por cada segundo. Este equipo viene fabricado para poder colocarlo en un rack, además de poseer cuatro puertos SFP, ocho puertos Ethernet Gigabit, tiene un puerto USB además de una pantalla táctil donde nos muestra el tráfico de la red que circula por este equipo, estado actual del dispositivo, así como también por medio de esta pantalla se puede realizar algunas configuraciones básicas. En la ranura SODIMM posee una memoria RAM de 4GB, pero puede ser expandida hasta 16 o más de acuerdo a las necesidades de la empresa.



**Figura 23-1: Cloud core router.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

En la figura 24-1 observamos un Switch TP-LINK de 16 puertos modelo TP-LINK SG1016D, es un equipo Gigabit el cual es utilizado para la transmisión a gigabit Ethernet, estos equipos Switch poseen un ahorro de energía de hasta un 45%, lo cual es de muy buen provecho para la empresa que lo está utilizando, tiene una capacidad de conmutación hasta de 32Gbps el cual envía paquetes a velocidad de cable así como también los filtra logrando un máximo rendimiento. Al igual que el equipo anterior viene con una bandeja ajustable para rack.



**Figura 24-1: Switch Tp-link.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Al igual que la mayoría de empresas proveedoras del servicio de internet y como se puede mostrar en la figura 25-1 se utilizan patch core para sus conexiones de acuerdo a los requerimientos que necesiten para sus clientes, en la figura 2-10 se puede apreciar un Patch Cord para fibra óptica

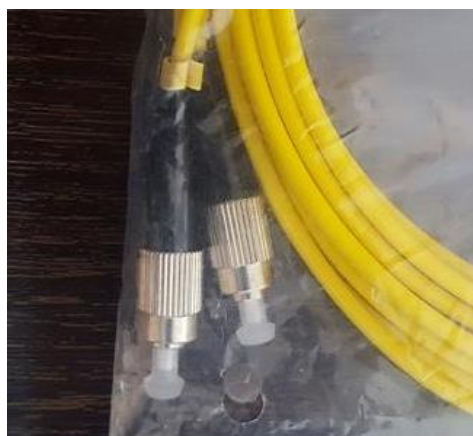
monomodo SC/UPC, que actualmente ocupa la empresa MegaSpeed S.A, este producto cumple con las normas IEC GR 326 CORE, es utilizado en la empresa debido a su baja pérdida de inserción, posee una resistencia de tracción de 10N y puede trabajar entre una temperatura de -40 a 80 grados centígrados, brindando una buena calidad de servicio.



**Figura 25-1: Patch cord SC.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

En la figura 26-1 observamos un pigtail el cual es utilizado para empalmar la fibra, está compuesto por un conector en un extremo el cual es conectado a los equipos y por el otro extremo posee la fibra descubierta la cual va hacer empalmada a una multifibra troncal para poder obtener conexión con el equipo terminal, debemos tomar en cuenta que estos conectores pueden ser hembras o machos, las hembras pueden ser utilizadas en patch panel.



**Figura 26-1: Pigtail FC.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

En la figura 27-1 se observa el tipo de fibra que la empresa MegaSpeed S.A utiliza, este tipo de fibra es utilizada debido a que es óptima para transmisiones en longitudes de onda de 1310 nm a 1550 nm. Este tipo de fibra nos permite operar en sistemas TDM de hasta 2.5 Gbps, la fibra G652 teniendo un grado de complejidad alto en su fabricación tiene un costo más elevado que la fibra que cumple con la recomendación G652, pero este costo elevado es recompensado ya que con este tipo de fibra no se utiliza equipos de dispersión.



**Figura 27-1: Fibra óptica monomodo G.652.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

El transceiver MC 112 de TP-LINK como se puede observar en la figura 28-1, es un conversor el cual nos ayuda a convertir nuestra señal de cable de fibra, a una señal de cable de cobre para la transmisión de datos, este dispositivo posee una tecnología WDM la cual es de suma importancia ya que basta un solo cable de fibra para poder transmitir y receptor datos, este dispositivo trabaja con fibra monomodo y conector SC. El transceiver MC 112 trabaja en conjunto con el MC 111 en la recepción.



**Figura 28-1: Transceiver MC112.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017



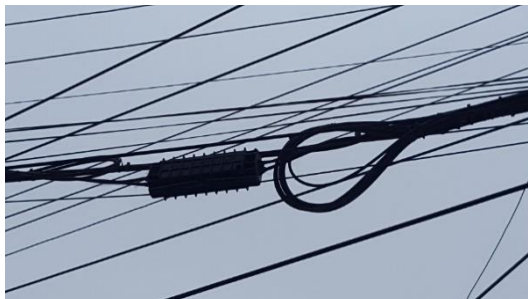
En la figura 29-1 se observa el ODF que actualmente posee la empresa MegaSpeed S.A, este ODF tiene 48 puertos en cual es utilizado para la distribución óptica en la empresa, por tener un diseño muy flexible, es amigable tanto para realizar una expansión así como también una actualización de la red empresarial sin mayor inconveniente, tomando en cuenta su diseño se ajusta muy bien al rack por lo cual es fácil realizar algún tipo de mantenimiento, cabe recalcar que este ODF está ubicado en el nodo principal de la empresa en las calles Antonia Vela y Calixto Pino y desde aquí cubrimos una gran parte de la ciudad de Latacunga brindando así un servicio de calidad obteniendo como tal clientes muy satisfechos por el servicio prestado.



**Figura 29-1: ODF nodo central.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

En la figura 30-1 se aprecia una manga la cual es utilizada para dar continuidad a la fibra una vez que ha llegado a su final, la manga poseen un sistema de seguridad hermético, es muy resistente, impermeable en la cual se realiza los empalmes respectivos tomando en cuenta el código de colores que tiene la fibra óptica y las características de la red empresarial para así poder cubrir los sectores hacia donde se quiere llegar con el servicio



**Figura 30-1: Mangas.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

El router Tp-link mostrado en la figura 31-1, es un equipo que la empresa MegaSpeed S.A adquiere para los clientes que utilizan el servicio, es un router que sirve para compartir internet tanto de forma inalámbrica como alámbrica, es compatible con el estándar 802.11b y posee un rendimiento de hasta 150 Mbps permitiendo un consumo de ancho de banda elevado logrando mayor fluidez en la navegación y así los clientes pueden disfrutar de cada uno de los beneficios de este servicio.



**Figura 31-1: Router Tp-link.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

En la figura 32-1 se puede observar la caja terminal o roseta que es utilizada para poder llegar con el servicio hasta cada uno de los abonados permitiendo un buen acondicionamiento de la fibra de acometida en el domicilio del beneficiado. En esta caja terminal se realiza la fusión en el pigtail mecánico o a su vez se puede utilizar un conector mecánico finalizando en el otro extremo con un conector de tipo SC/APC.



**Figura 32-1: Roseta.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Red óptica empresarial MegaSpeed S.A.

El diagnóstico de la red se tomó como muestra desde el nodo principal (Latacunga) hasta el nodo Saquisilí, ya que la red óptica empresarial MegaSpeed S.A. está comprendida en estos lugares, pero el objetivo de esta empresa es expandirse por la parte norte mediante una red G-PON para lo cual es importante verificar los parámetros técnicos así como también el despliegue de la red de fibra óptica, su potencia de transmisión, velocidad de transmisión y distancia.

Para poder realizar un análisis más a fondo se utilizó el método descriptivo en el cual se tomó como puntos importantes y para su plan de mejora ciertos términos como es la longitud de onda, el estado en que se encuentra la red, las pérdidas del segmento, la ORL del segmento, su longitud de intervalo y sus medidas de rendimiento, como se observa en la tabla 1-2.

**Tabla 1-2: Informe OTDR**

Longitud onda (nm)	Estado	Pérdida del segmento (dB)	ORL del segmento (dB)	Longitud de intervalo (km)
1310	- - -	0.472	23.51	1.3797

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Cabe aclarar que para este análisis nos basamos en la norma TIA/EIA-568-A y ISO/IEC 11801:2002 el cual nos permite saber los coeficientes de pérdida que debe tener este diagnóstico de la red óptica como se observa en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2: Coeficientes de pérdida**

Tipo de Fibra	Longitud de onda	Coeficiente de atenuación del cable	Pérdida por conector	Pérdida por empalme
62.5/125	850 nm	3.75 dB/km	0.75 dB	0.3 dB
62.5/125	1300 nm	1.5 dB/km	0.75 dB	0.3 dB
50/125	850 nm	3.75 dB/km	0.75 dB	0.3 dB
50/125	1300 nm	1.5 dB/km	0.75 dB	0.3 dB
Monomodo	1310 nm	1.0 dB/km	0.75 dB	0.3 dB

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

De igual manera para los requisitos de longitud de onda y direccional se lo realizará con las siguientes normas dependiendo del tipo de tendido de la red óptica.



- Los segmentos de enlace de cableado horizontal o Subsistema de Cableado 1 (TIA-568-C.0) necesitan ser comprobados en una dirección a una longitud de onda, ya sea 850 nm o 1.300 nm para multimodo y 1.310 nm o 1.550 nm para monomodo.
- En el cableado troncal/vertical (segmentos de enlace de los Subsistemas de Cableado 2 y 3) se realizarán las pruebas en al menos una dirección a ambas longitudes de onda operativas para dar cuenta de las diferencias de atenuación asociadas con la longitud de onda. Los segmentos de enlace multimodo se probarán a 850 nm y 1.300 nm; los monomodo a 1.310 nm y 1.550 nm. Los enlaces que utilizan conectores con llave para implementar la polaridad de fibra sólo se pueden probar en la dirección que prescribe la llave de los conectores.

Para el diseño de la red G-pon utilizaremos las recomendaciones de la ITU-T G.984.x G-pon el cual nos servirá para sacar el presupuesto de enlace de toda la red óptica a diseñarse en el sector de Tanicuchi y Guaytacama.

Para poder tener una mejor visión se realizó un diseño de la red óptica empresarial MegaSpeed S.A. en el *software* Autocad en el cual con la ayuda de un odómetro y un Gps se pudo referenciar cada uno de los postes por donde se encontraba la red óptica, además se observó el tipo de fibra que se está utilizando que en este caso es una fibra monomodo G.652 de 24 hilos con un tipo de tendido de fibra aéreo y en el recorrido se pudo encontrar 10 empalmes como se puede observar en la figura 33-2.



**Figura 33-2: Diseño de la red óptica MegaSpeed S.A.**

**Realizado por:** BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

## 2.2. Indicadores de los parámetros de fibra óptica al ser analizados

A continuación se analizará los parámetros más importantes que fueron solicitados por la empresa mediante las normas y recomendaciones antes mencionadas para lograr obtener al final un plan de mejoras que ayude en su rendimiento a la empresa MegaSpeed S.A, para ellos es muy importante saber que la fibra monomodo se utiliza para una comunicación de larga distancia y depende del proveedor la duración de la misma, los parámetros que se detallará son los siguientes:

### 2.2.1. Atenuación

Este indicador se lo analizará en la planta interna y externa de la empresa ya que utilizaremos equipos de alta tecnología para descubrir la atenuación intrínseca que existe en la red óptica mientras que la atenuación extrínseca se lo realizará mediante un recorrido de la fibra óptica para saber si existe algún tipo de macrocurvatura o microcurvatura en la misma, en la tabla 3-2 se muestra los parámetros que se debe cumplir según las especificaciones de la norma TIA/EIA-568-A y ISO/IEC 11801:2002.

**Tabla 3-2: Especificaciones de la norma TIA/EIA-568-A y ISO/IEC 11801:2002**

Intrínsecas		Extrínsecas	
	Atenuación	Radio mínimo de curvatura (mm)	
Multimode fiber 62,5/125u @ 850nm	2,8 to 3,5 db/km	Durante la instalación	20 x diámetro Externo del cable
Multimode fiber 62,5/125u @ 1300nm	0,7 to 1 db/km	Después de la instalación	10 x diámetro Externo del cable
Single mode fiber @ 1310nm	0,35 db/km		
Single mode fiber @ 1550nm	0,25 db/km		
Single mode fiber @ 1625nm	0,25 db/km		

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 2.2.2. Pérdidas

#### 2.2.2.1. Empalmes.

De igual manera los parámetros que estableció la empresa MegaSpeed S.A. y recomendados por la UIT-T para una fusión o empalmado se puede observar en la tabla 4-2. Para llevar a cabo esta medición se utilizara un OTDR el cual miraremos el número de fusiones que tengamos y si cumplen con los parámetros establecidos.

**Tabla 4-2: Pérdida de Empalmes**

Empalmes Mecánicos	Empalmes por Fusión
Pérdidas entre 0.1 dB a 0.8 dB	Pérdidas menor a 0.3 dB

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

#### 2.2.2.2. Conectores.

Existen diferentes tipos de conectores ya sean para las fibras Monomodo o Multimodo, la empresa MegaSpeed se rigen al estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-2000 el cual utiliza dos tipos de conectores los cuales son los conectores SC y los ST.

#### Conector SC (Conector cuadrado)

En la tabla 5-2 se puede observar los parámetros técnicos que recomienda los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3-2000.

**Tabla 5-2: Estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-2000.**

Conector SC	Fibra Multimodo	Fibra Monomodo
Pérdidas por Inserción	0.1 db	0.1 db
Pérdidas por Retorno	30 db	55 db
Tipo de pulido	UPC	UPC

Fuente: (Fernández, 2009)

### **Conector ST (Conector de punta Recta)**

En la tabla 6-2 se puede observar los parámetros técnicos que recomienda los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3-2000.

**Tabla 6-2: Estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3-2000.**

Conector ST	Fibra Multimodo	Fibra Monomodo
Pérdidas por Inserción	0.3 db	0.2 db
Pérdidas por Retorno	25 db	55 db
Tipo de pulido	UPC	UPC

Fuente: (Fernández, 2009)

### **2.2.3. Medidas de Rendimiento**

#### **2.2.3.1. Ancho de Banda**

En la tabla 7-2 muestra los cálculos que se va a seguir para saber el ancho de banda que se debe manejar en la red y una mejora en sus planes de servicio.

**Tabla 7-2: Cálculo ancho de banda Mega Speed S.A.**

Ancho de banda Total	600 Mbps
Formula Ancho de Banda:	$B = G * C$  Donde:  B: Ancho de Banda  G: Capacidad garantizada del ancho de banda por usuario  C: Personas Conectadas simultáneamente  Nota: La capacidad del ancho de banda se basa en el tráfico de las aplicaciones a usar. En Latinoamérica el ancho de banda garantizado es de 256 Kbps.

Formula del total de megas por cada plan	<p>Cientes: Número de clientes en cada plan</p> <p>Compartición: Numero de comparticiones</p> <p>Plan ancho de banda: Numero de datos de subida/bajada</p> $Gc = \frac{clientes}{comparticion}$ $Bs = (Gc * datos subida) = total datos subida$ $Bb = (Gc * Datos de bajada)$ $= total datos de bajada$ $Bt1 = (Bs * Bb)Mbps = Megas a utilizar$
--	--

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

#### 2.2.3.2. Latencia

Los parámetros establecidos por las empresas MegaSpeed S.A para la conexión de extremo a extremo del envío de paquetes se puede observar en la tabla 8-2.

**Tabla 8-2: Latencia establecida por MegaSpeed S.A**

Retardos de extremos a extremo	
MUY BUENO	150 mseg
BUENO	400mseg

**Fuente:** (Mega speed, 2017)

#### 2.2.3.3. Velocidad de Transmisión

Para saber cuál es la velocidad de transmisión más óptima se ha tomado diferentes cálculos en los cuales se mirara como está actuando hoy la velocidad de transmisión o como se podría mejorar esta velocidad, una vez que el ancho de bando de banda y la latencia estén en sus parámetros correctos definidos por la empresa MegaSpeed S.A.

En la tabla 9-2 se puede observar las fórmulas que se deberá utilizar para saber la velocidad de transmisión.

**Tabla 9-2: Cálculo de la velocidad de transmisión**

Velocidad de transmisión	<p>C= Velocidad de transmisión</p> <p>B= Ancho de Banda</p> $C = 2 * B$
--------------------------	---

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 2.3. Análisis de la capacidad actual de la red MegaSpeed S.A.

Para continuar con este análisis primero vamos a identificar los tipos de planes que brinda la empresa MegaSpeed S.A. como se muestra en la tabla 10-2, para así lograr ver de forma más clara si el ancho de banda es el óptimo para sus abonados activos y si aún es suficiente para una expansión de la red óptica.

**Tabla 10-2: Planes de la empresa MegaSpeed S.A.**

OFERTA DE PLANES MEGASPEED		
Planes	Velocidad	Compartición
Home	1024/760 Kbps	4/1
Corporativos 1	1280/760 Kbps	4/1
Corporativos 2	1536/1024 Kbps	4/1
Corporativos 3	2048/1024 Kbps	4/1
Corporativos 4	3702/2000 Kbps	4/1
Corporativos 5	4000/3000 Kbps	4/1

Fuente: (Mega speed, 2017)

La empresa MegaSpeed S.A. cuenta con 3 proveedores de la capacidad del servicio de internet los cuales se puede observar en la tabla 11-2.

**Tabla 11-2: Capacidad del servicio de Internet**

CAPACIDAD DEL SERVICIO DE INTERNET		
PROVEEDOR	CAPACIDAD (MB)	LUGAR
NEDETEL	300	Latacunga
TELEFONÍA	60	Latacunga
CLARO	240	Latacunga
Total	600	Latacunga

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 2.3.1. Comunicación mediante Radio-Base

La empresa MegaSpeed S.A. tiene la mayoría de sus abonados conectados mediante radio es equivale a un 80% de su total de clientes activos, para lo cual en la figura 34-2 nos muestra un consumo aproximado de sus megas.

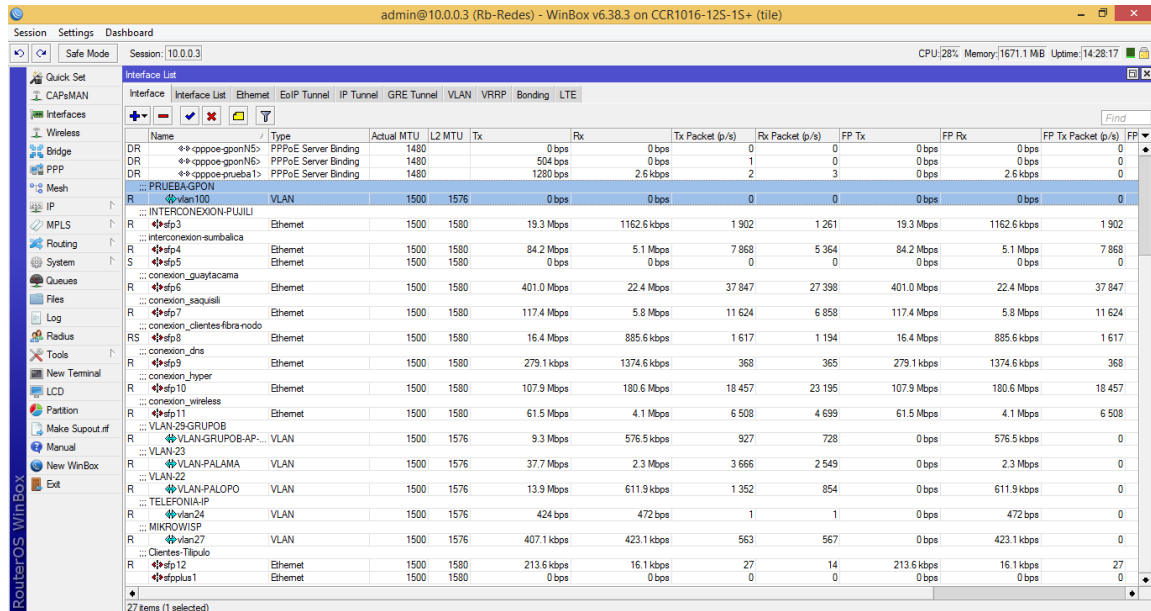
Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx	FP Tx Packet (p/s)	FP Rx Packet (p/s)
Bridge1	Bridge	1500	1500	15.5 Mbps	853.7 kbps	1 460	1 109	0 bps	851.8 kbps	0	0
conexon_control	Ethernet	1500	1500	43.7 Mbps	657.1 Mbps	49 213	62 655	43.7 Mbps	657.1 Mbps	49 213	62 655
conexon_gpon	Ethernet	1500	1500	39.9 Mbps	2.4 Mbps	3 820	2 718	39.9 Mbps	2.4 Mbps	3 820	2 718
ADMIN-OLT	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
CLIENTES-OLT-GPON	VLAN	1500	1576	39.7 Mbps	2.3 Mbps	3 818	2 722	0 bps	2.3 Mbps	0	0
VLAN25	PPPoE Server Binding	1480	0 bps	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
pppoe-gponN3	PPPoE Server Binding	1480	254.2 kbps	13.5 kbps	24	22	0 bps	13.5 kbps	0 bps	0	0
pppoe-gponN4	PPPoE Server Binding	1480	894 kbps	5.2 kbps	1	2	0 bps	5.2 kbps	0 bps	0	0
pppoe-gponN5	PPPoE Server Binding	1480	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0 bps	0	0
pppoe-gponN6	PPPoE Server Binding	1480	1656 kbps	1784 kbps	3	2	0 bps	1784 kbps	0 bps	0	0
PRUEBA-GPON	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
vlan100	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
INTERCONEXION-PUJILI	Ethernet	1500	1500	24.0 Mbps	1593.4 kbps	2 336	1 603	24.0 Mbps	1593.4 kbps	2 336	1 603
interconexion-sumbalca	Ethernet	1500	1500	85.4 Mbps	6.1 Mbps	8 275	6 100	85.4 Mbps	6.1 Mbps	8 275	6 100
ap4	Ethernet	1500	1500	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
ap5	Ethernet	1500	1500	360.6 Mbps	23.7 Mbps	34 403	26 372	360.6 Mbps	23.7 Mbps	34 403	26 372
conexon_guaytacama	Ethernet	1500	1500	104.5 Mbps	6.7 Mbps	10 013	6 966	104.5 Mbps	6.7 Mbps	10 013	6 966
conexon_clientes-fibra-nodo	Ethernet	1500	1500	15.5 Mbps	854.0 kbps	1 459	1 109	15.5 Mbps	854.0 kbps	1 459	1 109
ap8	Ethernet	1500	1500	324.3 kbps	1418.8 kbps	413	399	324.3 kbps	1418.8 kbps	413	399
conexon_hypr	Ethernet	1500	1500	106.2 Mbps	134.3 Mbps	15 977	19 545	106.2 Mbps	134.3 Mbps	15 977	19 545
ap10	Ethernet	1500	1500	56.9 Mbps	3.5 Mbps	5 670	4 253	56.9 Mbps	3.5 Mbps	5 670	4 253
ap11	Ethernet	1500	1500	13.1 Mbps	840.1 kbps	1 309	1 071	13.1 Mbps	840.1 kbps	1 309	1 071
VLAN-29-GRUPOB	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
VLAN-GRUPOB-AP	VLAN	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0

**Figura 34-2: Consumo de Megas mediante Radio-Base.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 2.3.2. Comunicación mediante Fibra Óptica

El 20% de sus abonados están conectados mediante fibra óptica como se puede observar en la figura 35-2 el consumo aproximado de megas.



Interface	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx	FP Tx Packet (p/s)	FP Rx Packet (p/s)
DR	pppoe-gpon15>	1480		0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
DR	pppoe-gpon15>	1480		504 bps	0 bps	1	0	0 bps	0 bps	0	0
DR	pppoe-prueba1>	1480		1280 bps	2.6 kbps	2	3	0 bps	2.6 kbps	0	0
R	vlan100	1500	1576	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
R	INTERCONEXION-FUJILI	1500	1580	19.3 Mbps	1162.6 kbps	1902	1261	19.3 Mbps	1162.6 kbps	1902	1902
R	interconexion-sumbalica	1500	1580	84.2 Mbps	5.1 Mbps	7868	5364	84.2 Mbps	5.1 Mbps	7868	7868
R	esp4	1500	1580	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
R	esp5	1500	1580	401.0 Mbps	22.4 Mbps	37947	27398	401.0 Mbps	22.4 Mbps	37947	37947
R	conexion_saquisil	1500	1580	117.4 Mbps	5.8 Mbps	11624	6858	117.4 Mbps	5.8 Mbps	11624	11624
R	conexion_clientes-fibra-nodo	1500	1580	16.4 Mbps	885.6 kbps	1617	1194	16.4 Mbps	885.6 kbps	1617	1617
R	conexion_dns	1500	1580	279.1 kbps	1374.6 kbps	368	365	279.1 kbps	1374.6 kbps	368	368
R	conexion_hyper	1500	1580	107.9 Mbps	180.6 Mbps	18457	23195	107.9 Mbps	180.6 Mbps	18457	18457
R	conexion_wireless	1500	1580	61.5 Mbps	4.1 Mbps	6508	4699	61.5 Mbps	4.1 Mbps	6508	6508
R	VLAN-29GRUPOB	1500	1576	9.3 Mbps	576.5 kbps	927	728	0 bps	576.5 kbps	0	0
R	VLAN-23	1500	1576	37.7 Mbps	2.3 Mbps	3666	2549	0 bps	2.3 Mbps	0	0
R	VLAN-PALAMA	1500	1576	13.9 Mbps	611.9 kbps	1352	854	0 bps	611.9 kbps	0	0
R	VLAN-PALOPO	1500	1576	424 bps	472 bps	1	1	0 bps	472 bps	0	0
R	TELEFONIA-IP	1500	1576	407.1 kbps	423.1 kbps	563	567	0 bps	423.1 kbps	0	0
R	MIKROWISP	1500	1576	213.6 kbps	16.1 kbps	27	14	213.6 kbps	16.1 kbps	27	27
R	esp12	1500	1580	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
R	esp1plus1	1500	1580	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0

Figura 35-2: Consumo de Megas mediante Fibra óptica.

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

## 2.4. Proyección y datos estadísticos a cinco años de abonados de la red óptica.

Unos de los objetivos de la empresa MegaSpeed S.A. es expandir su red óptica para lo cual se ha venido analizando cada uno de sus indicadores para así poder realizar una proyección de los lugares que se va a expandir la red conjuntamente con un plan de mejoras con la red ya existente.

### 2.4.1. Ubicación Geográfica del Sector

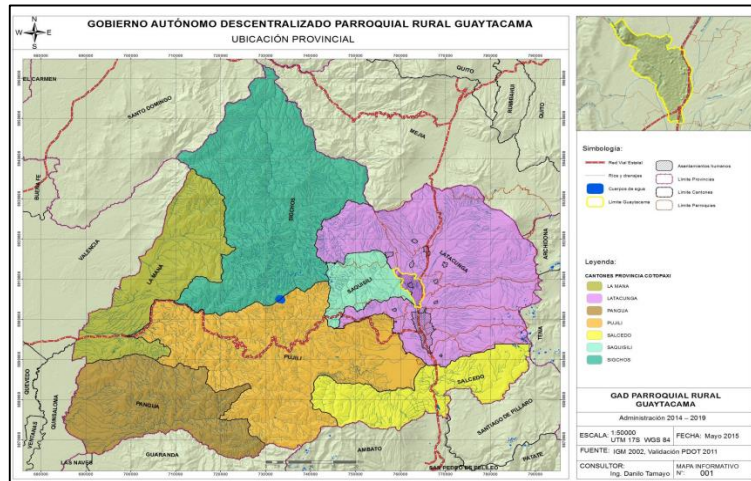
La ubicación del sector sobre el cual se realizó el diseño de la expiación con la red G-pon se basó previo a un análisis de los clientes que existen en estos sectores y que poseen el servicio de internet por medio de radio base, dichos sectores poseen una gran cantidad de clientes tanto home como corporativos.

El proyecto se llevó a cabo en la ciudad de Latacunga, en las localidades de Guaytacama con una población de 10862 habitantes y la localidad de Tanicuchi con una población de 12.831 aproximadamente.



Además, se debe recalcar que estos sectores están en constante crecimiento poblacional y por ende en la actualidad estos sectores presentan una alta plusvalía permitiendo un constante desarrollo.

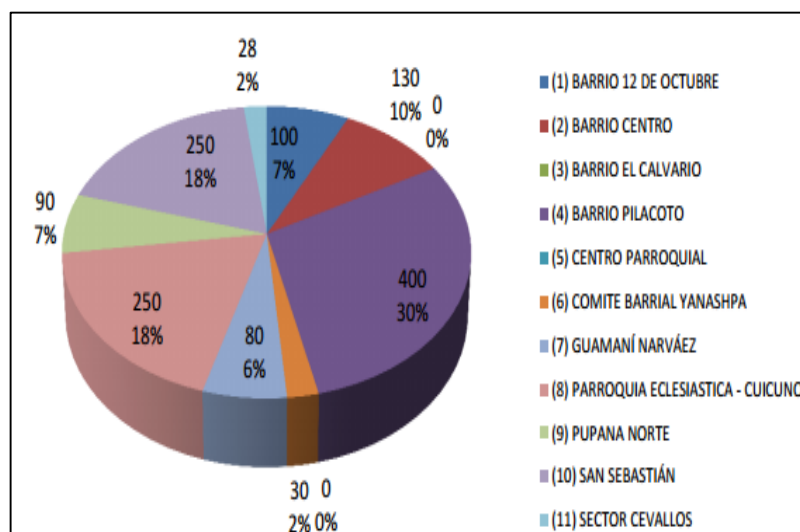
En la figura 36-2 se observa la ubicación de las localidades.



**Figura 36-2: Ubicación Geográfica de Guaytacama**  
Fuente: (INVESTIGAR, 2017)

#### 2.4.2. Dimensionamiento de la Red

Para realizar el diseño y optimizar la cobertura, primero se verificó el número de usuarios que actualmente tenemos en dichos sectores, con estos resultados se procede a realizar el diseño que nos permita cubrir el número de abonados y la demanda de clientes existentes en estos sectores de Latacunga como se observa en el gráfico 1-2.



**Gráfico 1-2: Total de población**  
Fuente: (PDyOT, 2015)

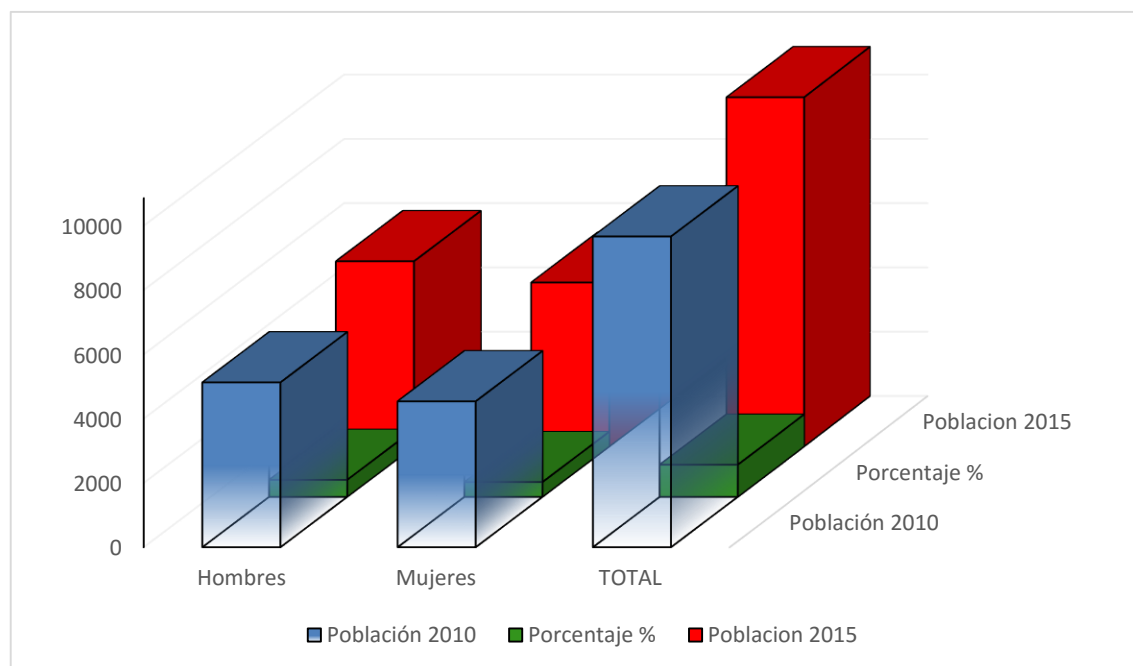
Según el Censo INEC 2010, el 53,04% del total de la población de la parroquia Guaytacama corresponde a hombres. Mientras que el 46,96% son mujeres como se muestra en la tabla 12-2.

**Tabla 12-2: Distribución de la población de la parroquia Guaytacama**

Sexo	Población 2010	Porcentaje %	Población 2015
Hombre	5128	53,04	5761
Mujer	4540	46,96	5101
Total	9668	100	10862

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

El gráfico 2-2 muestra el crecimiento poblacional



**Gráfico 2-2: Censo INEC 2'10 Ecuador**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

De igual manera es importante determinar el crecimiento a futuro de la red, es así que se ha determinado una proyección en la que se considera un crecimiento anual del 40% de clientes durante los 5 años siguientes.

Cabe mencionar que la proyección de futuros clientes se debe a estudios detallados, realizados por el departamento de Marketing, así como a convenios que actualmente están en proceso de

ejecución en otros sectores en los cuales se define a MegaSpeed S.A. como único proveedor de ciertas urbanizaciones.

### 2.4.3. Proyecciones

Se realizó las proyecciones de los clientes posibles que serán clientes de la empresa en los próximos cinco años gracias al plan de mejoramiento de la red y diseño de expansión en las localidades de Tanicuchi y Guaytacama.

***i = tasa de crecimiento***

***Vf = Ultimo dato obtenido***

***Vi = Primer dato obtenido***

***n = Total de años obtenidos***

$$i = \sqrt[n-1]{\frac{V_f}{V_i}} - 1$$

**Ecuación 3-2: Tasa de crecimiento**

$$i = \sqrt[n-1]{\frac{V_f}{V_i}} - 1$$

$$i = 0,27535$$

***M<sub>año</sub> = Año de análisis***

***Vf = Ultimo dato obtenido***

***n = Año de estudio***

$$M_{2018} = V_f(i + 1)^n$$

**Ecuación 4-2: Año de análisis**

$$M_{2018} = V_f(i + 1)^n$$

$$M_{2018} = 1687(0,27535 + 1)^1$$

$$\mathbf{M_{2018} = 2152 \textit{ clientes}}$$

$$M_{2019} = V_f(i + 1)^n$$

$$M_{2019} = 1687(0,27535 + 1)^2$$

$$\mathbf{M_{2019} = 2744 \textit{ clientes}}$$

$$M_{2020} = V_f(i + 1)^n$$

$$M_{2020} = 1687(0,27535 + 1)^3$$

$$\mathbf{M_{2020} = 3499 \textit{ clientes}}$$

$$M_{2021} = V_f(i + 1)^n$$

$$M_{2021} = 1687(0,27535 + 1)^4$$

$$\mathbf{M_{2021} = 4463 \textit{ clientes}}$$

$$M_{2022} = V_f(i + 1)^n$$

$$M_{2022} = 1687(0,27535 + 1)^2$$

$$\mathbf{M_{2022} = 5691 \textit{ clientes}}$$

En la tabla 13-2 se muestra la proyección de crecimiento de abonados que la empresa MegaSpeed S.A tendrá a 5 años.

**Tabla 13-2: Proyección de clientes a 5 años**

AÑOS	CLIENTES
2012	500
2013	680
2014	820
2015	990
2016	1300
2017	1687
2018	2152
2019	2744
2020	3499
2021	4463
2022	5691

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

Se analizó el crecimiento que ha tenido la empresa desde que fue creada para determinar el crecimiento futuro y la expansión que ha tenido MegaSpeed S.A en los sectores mencionados como se muestra a continuación en el gráfico 3-2.

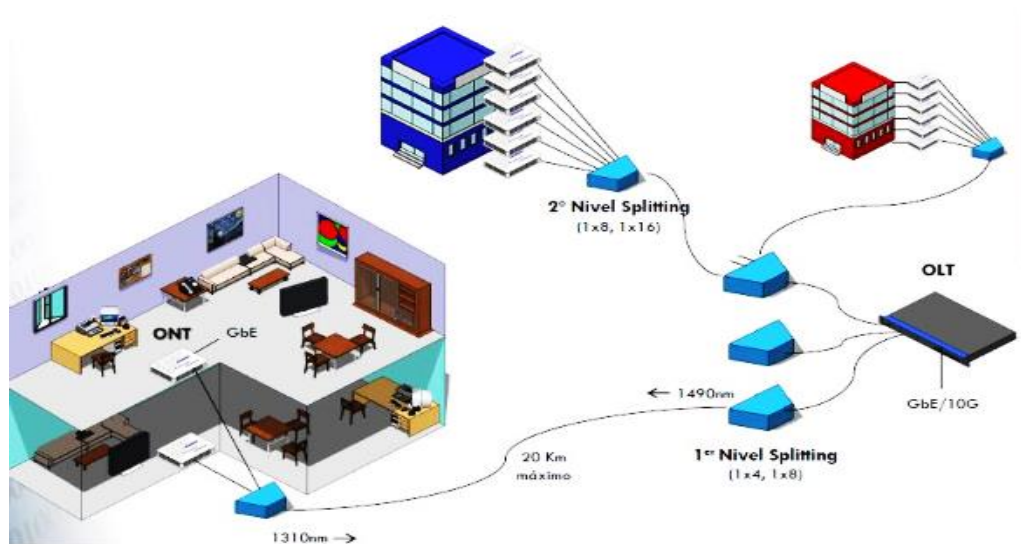


**Gráfico 3-2: Crecimiento a futuro de la empresa MegaSpeed S.A.**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

#### 2.4.4. Arquitectura de la red

Se implementó la siguiente arquitectura de la red G-pon rigiéndonos estrictamente en las normativas de CNT, como se muestra en la figura 37-2.

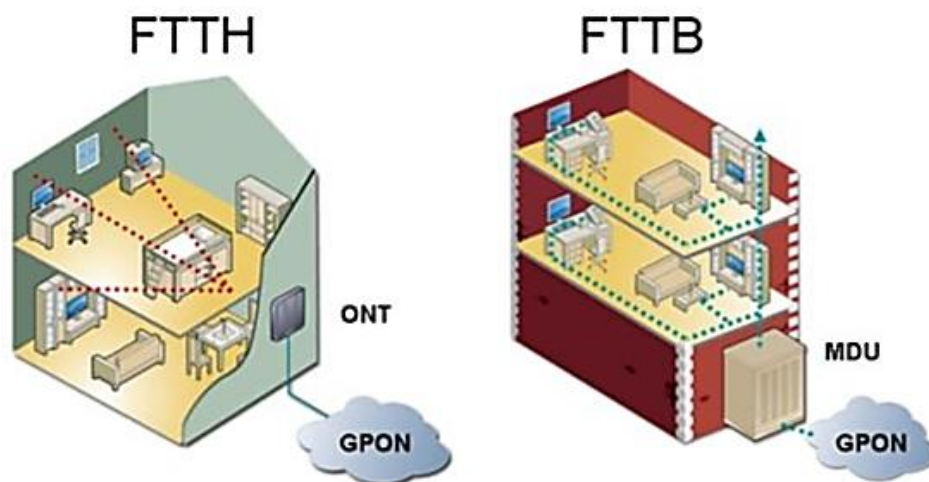


**Figura 37-2: Arquitectura de la red G-PON**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

##### 2.4.4.1. Red de distribución interna

Se determinó a la red que une la caja de distribución principal (FDB) y las cajas de distribución secundarias (FDF), como se observa en la figura 38-2.



**Figura 38-2: Red de distribución Interna**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

## CAPÍTULO III

### 3. RED ÓPTICA MEGASPEED S.A.

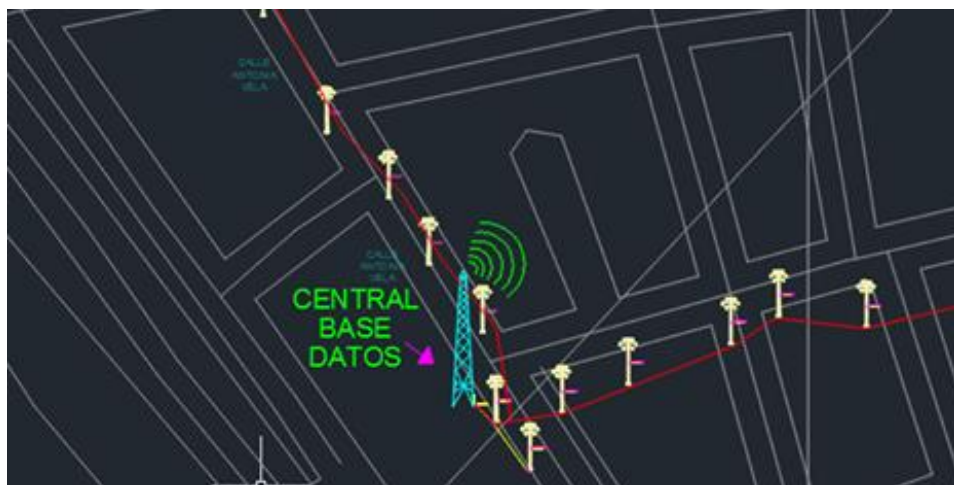
En el capítulo se muestra los estudios realizados, empezando con el mejoramiento de la red y luego el diseño de expansión de fibra óptica en la ciudad de Latacunga, localidades de Guaytacama y Tanicuchi, se utilizó la tecnología FTTH con las características técnicas, debido a la gran necesidad que hoy en día existe de estar constantemente comunicados tanto a nivel Nacional como Mundial, la mayoría de empresas de Telecomunicaciones optan por mejorar su sistema de comunicación, para ello utilizan las diferentes tecnologías más actuales con las cuales puedan brindar un servicio de alta calidad.

Por lo que la empresa MegaSpeed S.A, que brinda servicio de internet y muchos servicios más relacionados con las telecomunicaciones, se ve la imperiosa necesidad de lanzar al mercado un mejoramiento en su red, para ello se ha enfocado en la nueva tecnología G-PON, la cual es una de las mejores alternativas que existe en el mercado y nos permitirá cubrir cada una de las necesidades que en la actualidad el cliente requiere para que esté totalmente satisfecho con el servicio brindado.

#### 3.2. Análisis de Resultados de los enlaces de Fibra Óptica.

##### 3.2.1. Cálculo del enlace Latacunga (Nodo principal) –Saquisilí.

Como podemos observar en la figura 39-3 se tomó como muestra la central de base de datos (Nodo Principal), donde se utilizó el OTDR (Optical Time Domain Reflector) para sus mediciones en el ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) del enlace punto a punto de la red óptica Latacunga-Saquisilí.



**Figura 39-3: Diseño de la central Base de Datos**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Para el análisis de la red utilizamos el método sistemático donde se inició el mismo de manera ordenada en el cual se realizó paso a paso. Como primer punto se realizó una prueba de la distancia; como se puede observar en la tabla 14-3, donde nos indica su longitud de onda, el estado, las pérdidas del segmento, la ORL del segmento y su longitud de intervalo. Estas mediciones se lo realizo con el OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) modelo FTB-720-23B-EI.

**Tabla 14-3: Resumen OTDR**

<b>Longitud onda (nm)</b>	<b>Estado</b>	<b>Pérdida del segmento (dB)</b>	<b>ORL del segmento (dB)</b>	<b>Longitud de intervalo (km)</b>
1310	Aprobado	6.245	28.01	15.3029

**Realizado por:** Borja Edison & Iza Jefferson 2017

También se hizo un informe sobre el trabajo para así poder guiarnos como se muestra en la tabla 15-3.

**Tabla 15-3: Informe sobre el trabajo**

<b>Trabajo n°:</b>	1	<b>Operador A:</b>	Latacunga
<b>Empresa:</b>	MegaSpeed	<b>Operador B:</b>	Saquisilí
<b>Cliente:</b>	Jefferson Iza	<b>Nombre archivo:</b>	Fiber0003.trc
<b>Fecha y hora prueba:</b>	2017-04-09 a la(s) 10:25 (GMT-5:00)		

**Realizado por:** Borja Edison & Iza Jefferson 2017

Como segundo punto se realizó la medición del enlace en el cual se utilizó la longitud de onda 1310 nm según los parámetros de la UIT-T G.652, como se puede observar en la tabla 16-3.

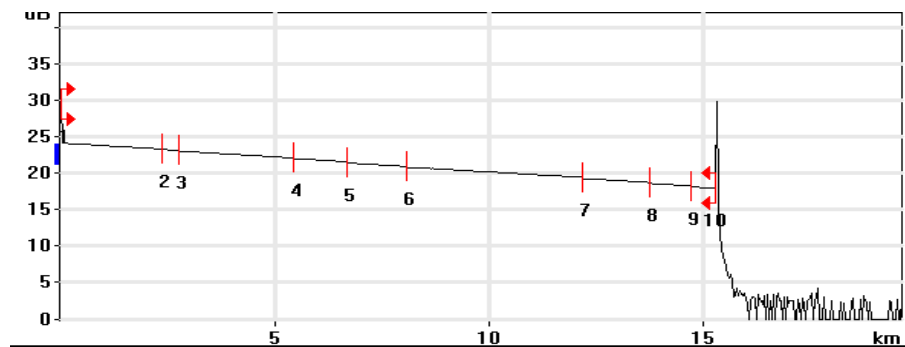
**Tabla 16-3: Medición del enlace**

<b>Pérdida del segmento:</b>	6.245 dB	<b>Pérdida por empalme promedio:</b>	0.128 dB
<b>Longitud de intervalo:</b>	15.3029 km	<b>ORL del segmento:</b>	28.01 dB
<b>Pérdida promedio:</b>	0.408 dB/km		

**Realizado por:** Borja Edison & Iza Jefferson 2017



Como tercer punto y no menos importante, en la figura 44-3 se puede observar la potencia de salida y de entrada que tiene esta red óptica, además se puede observar los eventos que presenta la misma y se pudo verificar que existen 10 empalmes en este enlace punto a punto.



**Figura 44-3: Curva OTDR**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Como podemos observar en la figura 16-3 tenemos una potencia de salida de 28db y potencia de llegada de 17,7 db a una distancia de 15.3 km. A continuación en la tabla 17-3 se mostrara cada uno de sus eventos con sus respectivas pérdidas,

**Tabla 17-3: Tabla de eventos**

N°	Ubic. (km)/Longitud	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Aten. (dB/km)	P. Acum. (dB)
1	0.0000	Nivel de emisión		-38.9		0.000
	(2.3426 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.820		0.350	0.820
2	2.3426	Evento no reflectivo	0.063			0.883
	(0.4162 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.109		0.263	0.993
3	2.7588	Evento no reflectivo	0.126			1.119
	(2.6637 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.932		0.350	2.050
4	5.4225	Evento no reflectivo	0.088			2.138
	(1.2543 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.428		0.342	2.567
5	6.6768	Evento no reflectivo	0.186			2.753
	(1.3960 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.474		0.340	3.227

6	8.0727	Evento no reflectivo	0.092			3.319
	(4.1082 km)	Segmento (o sección) de fibra	1.405		0.342	4.724
7	12.1809	Evento no reflectivo	0.165			4.889
	(1.5632 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.517		0.331	5.406
8	13.7442	Evento no reflectivo	0.160			5.567
	(0.9651 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.322		0.333	5.888
9	14.7093	Evento no reflectivo	0.140			6.029
	(0.5936 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.217		0.365	6.245
10	15.3029	Evento reflectivo	- -	-17.7		6.245

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

Al momento del diagnóstico de la red la fibra no presento macrocurvaturas pero si se obtuvo pérdidas de umbral de macrocurvatura como se observa en la tabla 18-3.

**Tabla 18-3: Umbral Macrocurvatura**

<b>Longitudes onda:</b>	1310 nm / 1550 nm
<b>Pérdida de delta:</b>	0.50 dB

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

A continuación vamos a observar en la tabla 19-3 los umbrales de superación y fallo que se obtuvo en el diagnóstico de esta red óptica ya que debemos de recordar que esta es la fibra óptica nos servirá para la expansión de la misma en los sectores de Guaytacama y Tanicuchi.

**Tabla 19-3: Umbrales de superación/fallo**

Pérdida por empalme:	1.000 dB	Pérdida del segmento:	45.000 dB
Pérdida por conector:	1.000 dB	Longitud de intervalo:	0.000 m
Reflectancia:	-40.0 dB	ORL del segmento:	15.00 dB
Atenuación de sección de fibra:	0.400 dB/km		

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

Y por último miraremos la configuración del cable y de la prueba que se hizo para poder realizar este análisis como podemos observar en la tabla 20-3.

**Tabla 20-3: Configuración del cable y de la prueba**

<b>Longitud onda:</b>	1310 nm (9 μm)	<b>Tiempo de adq.:</b>	15 s
<b>Nombre archivo:</b>	Fiber0003.trc	<b>Índice de refracción:</b>	1.467700
<b>Tipo de archivo:</b>	Principal	<b>Rayleigh:</b>	-79.44 dB
<b>Modelo OTDR:</b>	FTB-720-23B-EI	<b>Factor helicoidal:</b>	0.00 %
<b>N° serie:</b>	725986	<b>Umb. de pérdida en empalme:</b>	0.020 dB
<b>Versión software:</b>	OTDR - iOLM 2.4 SP4	<b>Umbral de reflectancia:</b>	-72.0 dB
<b>Distancia:</b>	20.0000 km	<b>Umbral de fin de fibra:</b>	5.000 dB
<b>Pérdida total:</b>	$0,35\text{dB/km} \times 15,30\text{km} = 5,35\text{dB}$ $0,3\text{dB} \times 10 = 3\text{dB}$ $0,75\text{dB} \times 2 = 1,5\text{dB}$ $P_t = (5,35 + 3 + 1,5)\text{dB} = 4,85\text{dB}$	<b>Norma:</b>	ISO/IEC 1476-3 TIA/EIA-568-A ISO/IEC 11801:2002

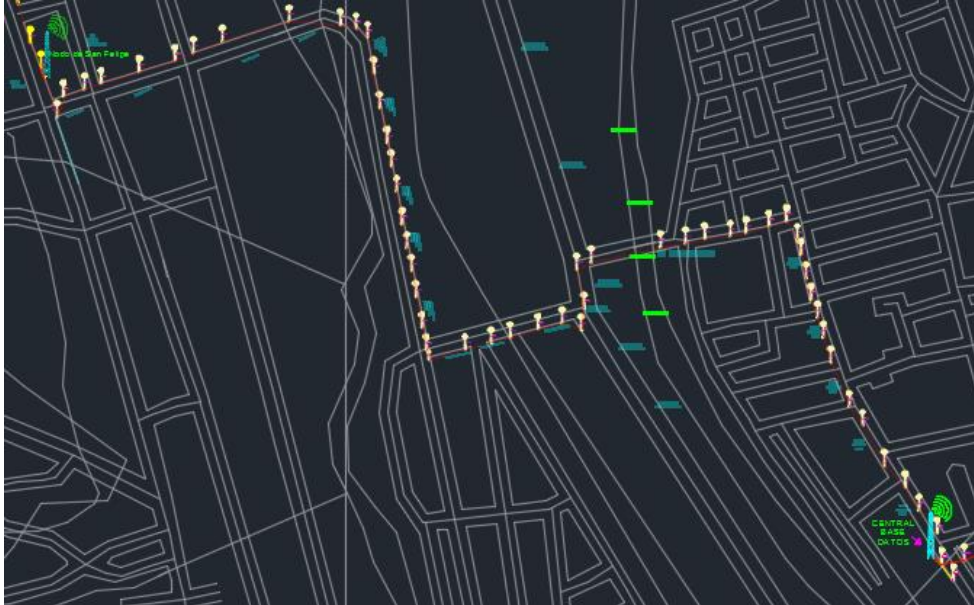
**Realizado por:** Borja Edison & Iza Jefferson 2017

Para saber cuál es la pérdida máxima aceptada para un enlace de fibra óptica y pueda ser certificada nos basamos en el norma ISO/IEC 1476-3 el cual nos manifiesta que las pérdidas no deben ser mayores a 4.85dB, esto se resolvió matemáticamente como se observa en la tabla 20-3, también se utilizó la norma TIA/EIA-568-A y ISO/IEC 11801:2002 que nos manifiestan las pérdidas de conectores y empalmes que recomiendan tener.

Las pérdidas de conector se realizó utilizando un OTDR de marca EXFO conectado a una bobina de lanzamiento dándonos como respuesta de pérdidas por conector de 0,68dB en el nodo principal y 0,37dB en el nodo secundario, como se observar en el anexo K su conexión y pérdidas que nos genera en este diagnóstico de la red óptica.

### 3.2.2. Cálculo del enlace Latacunga (Nodo principal) - San Felipe.

Se realizó el mismo análisis pero a un nodo más cercano esto se hizo con el objetivo de ver cuál es el comportamiento de la red óptica y así poder observar si nos encontramos con similares eventos a los anteriores ya analizados. Como se puede mostrar en la figura 40-3 este fue el tramo de muestra que se tomó para el siguiente análisis.



**Figura 40-3: Enlace Nodo principal – San Felipe**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Para este análisis de la red se realizó de igual manera en el ODF Latacunga el cual estaba conectado al nodo de San Felipe. En la figura 41-3 se observa que para este análisis se realizó desde el puerto 1 el cual se encontraba conectada la fibra antes mencionado.



**Figura 41-3: ODF Latacunga**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

En la tabla 21-3 se detalla cada uno de los valores encontrados en este enlace punto a punto que nos mostró el informe de OTDR.

**Tabla 21-3: Tabla de resumen enlace Nodo Principal – San Felipe**

Longitud de onda (nm)	Estado	Pérdida del segmento (dB)	ORL del segmento (dB)	Longitud de intervalo (km)
1310	- - -	0.472	23.51	1.3797

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

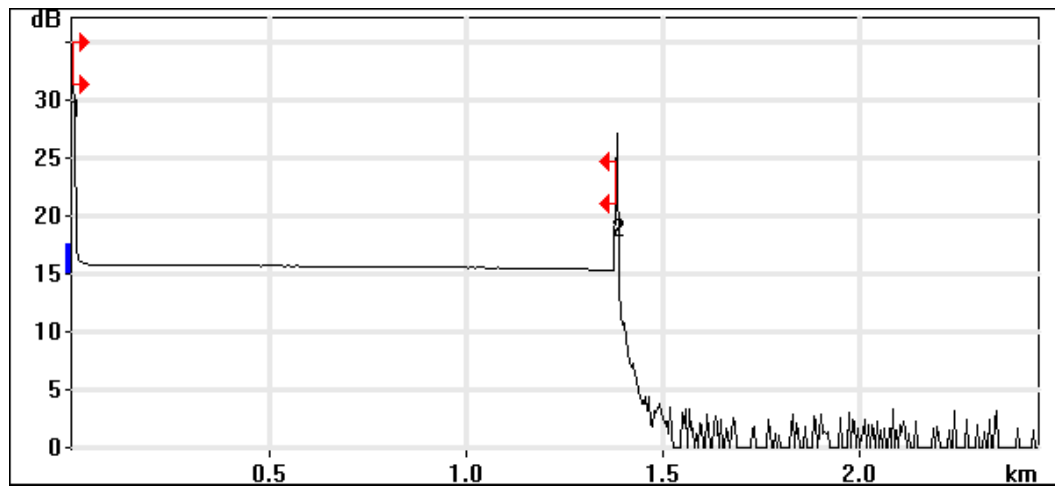
Dentro de la medición del enlace se observó que los valores están dentro de los estándares establecidos por lo que es factible reutilizar esta fibra óptica para un futuro diseño G-pon, como se puede mirar en la tabla 22-3.

**Tabla 22-3: Medición del enlace**

Pérdida del segmento:	0.472 dB	Pérdida por empalme promedio:	- - -
Longitud de intervalo:	1.3797 km	ORL del segmento:	23.51 dB
Pérdida promedio:	0.342 dB/km		

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Como se puede observar en la figura 42-3 se ve una fibra intacta sin problemas de empalmes o rupturas en todo su tramo, el único inconveniente que nos da son sus pérdidas que se originan al momento de conectar al ODF por sus conectores y fusiones en la transmisión y recepción del enlace.



**Figura 42-3: Curva OTDR**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Para tener más claro la figura 42-3 se desarrolló una lista de los eventos que sucede en este tramo como se puede observar en la tabla 23-3, se puede mirar que existen 2 eventos los cuales afecta directamente a la potencia de transmisión esto sucede por la mala fusión y conectores sucios que se encuentran en el ODF de los dos nodos.

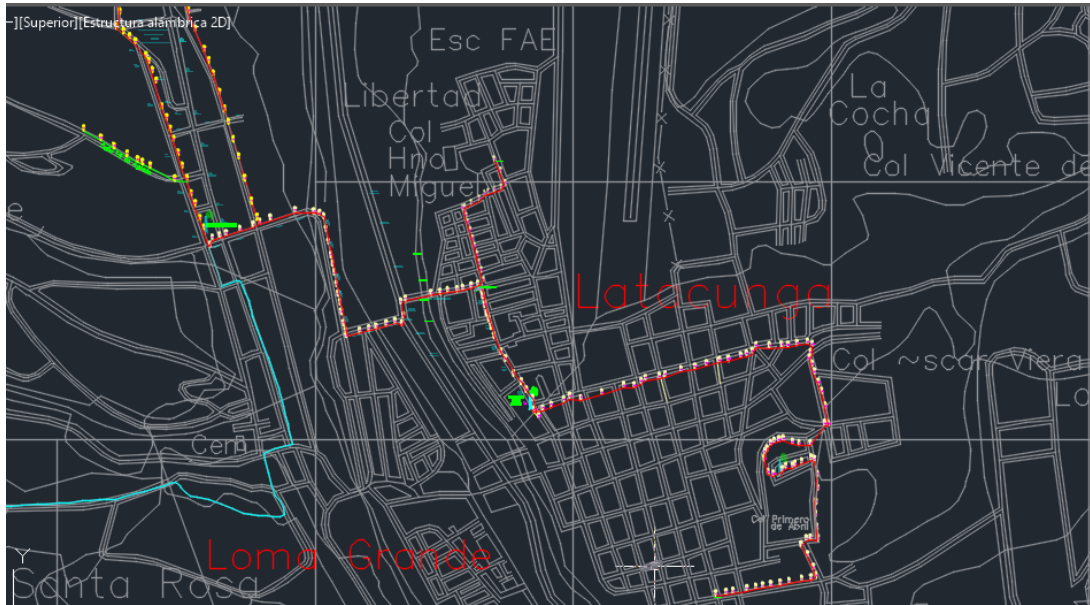
**Tabla 23-3: Eventos Nodo Principal- San Felipe**

N°	Ubic. (km)/Longitud	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Aten. (dB/km)	P. Acum. (dB)
1	0.0000	Nivel de emisión		-23.8		0.000
	(1.3797 km)	Segmento (o sección) de fibra	0.472		0.342	0.472
2	1.3797	Evento reflectivo	- -	-34.9		0.472

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 3.2.3. Cálculo del enlace Nodo Principal - cliente 1.

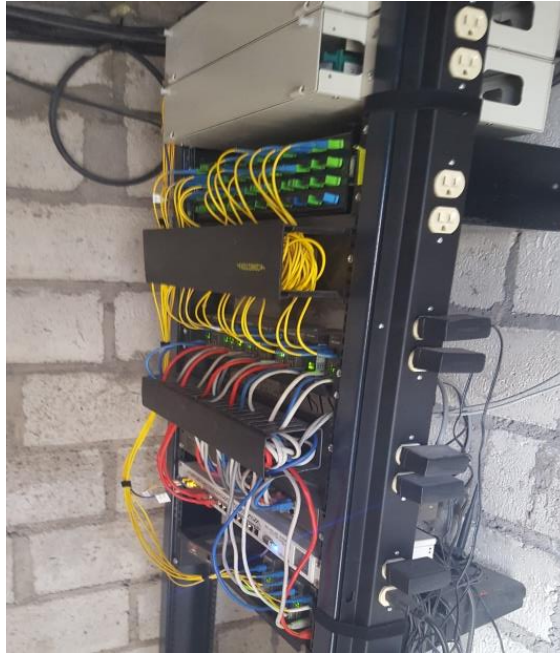
Una vez terminado con el análisis punto a punto se procedió al diagnóstico de la red multipunto que se encuentra ubicado en el sector de la ciudad de Latacunga, como podemos ver en la siguiente figura 45-3, se puede observar la red desplazada por el sector de la Estación y San Felipe, el cual nos servirá como referencia para saber la calidad de servicio que tienen los abonados, también se miró que se utiliza una fibra monomodo G.652 para estos sectores.



**Figura 43-3: Diseño de la red óptica Latacunga**

**Realizado por:** BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

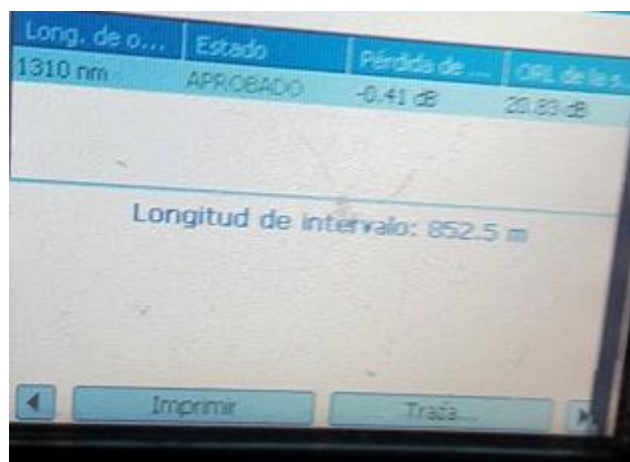
En la figura 46-3 se muestra el nodo de San Felipe el cual es el encargado de distribuir el servicio de internet a los diferentes abonados en el cual realizaremos pruebas de OTDR para saber su longitud de onda y potencia de transmisión a la cual emite a los diferentes equipos de los abonados y por ultimo miraremos sus latencias.



**Figura 44-3: Rack del Nodo San Felipe**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

La prueba de OTDR se realizó al cliente que se encontraba a mayor distancia esto se hizo para saber si el servicio de internet era optimo así como su velocidad y estabilidad, en el caso que el servicio de internet no fuera el correcto se tomara en cuenta para poder dar una solución a dicho problema, como podemos observar en la siguiente figura 47-3, nos indica su distancia y la pérdida de potencia que esta tiene. Además hay que notar que esta medición fue realizada con un OTDR de modelo F-100.



**Figura 45-3: Análisis OTDR cliente**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Una vez que analizamos la red óptica del cliente, en su domicilio se verificó si su velocidad es la correcta pero para eso hay que tener en cuenta que la empresa brinda diferentes servicios de planes, en este caso es un plan corporativo el cual tiene una velocidad de 4000/3000 kbps con



compartición de 4:1, como podemos observar en la figura 48-3 en el equipo del cliente se realizó un Speed Test en el cual nos daríamos cuenta si el servicio que fue contratado es el correcto, además hay que tener en cuenta que el ancho de banda se encuentra abierto para estos planes.



**Figura 46-3: Speed Test Cliente 1**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Como podemos observar en la figura 48-3 su velocidad no es la correcta para un plan corporativo, ya que la carga debería aumentar. El problema es su distancia y las pérdidas que existe, además se miró la latencia que se demora un paquete en llegar desde su origen a su destino y nos dio como resultado 26ms, esto se puede mirar a continuación en la figura 49-3.

```

/          Move up to base level
..         Move up one level
/command   Use command at the base level
[admin@RouterOS] > ping 10.10.13.2
SEQ HOST          SIZE TTL TIME STATUS
0 10.10.13.2      56 63 0ms
1 10.10.13.2      56 63 8ms
2 10.10.13.2      56 63 0ms
3 10.10.13.2      56 63 0ms
4 10.10.13.2      56 63 26ms
5 10.10.13.2      56 63 0ms
6 10.10.13.2      56 63 0ms
7 10.10.13.2      56 63 0ms
8 10.10.13.2      56 63 0ms
9 10.10.13.2      56 63 0ms
10 10.10.13.2     56 63 0ms
11 10.10.13.2     56 63 0ms
12 10.10.13.2     56 63 0ms
13 10.10.13.2     56 63 0ms
14 10.10.13.2     56 63 0ms
15 10.10.13.2     56 63 0ms
16 10.10.13.2     56 63 0ms
17 10.10.13.2     56 63 0ms
18 10.10.13.2     56 63 0ms
19 10.10.13.2     56 63 0ms
sent=20 received=20 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=1ms max-rtt=26ms
SEQ HOST          SIZE TTL TIME STATUS
20 10.10.13.2     56 63 0ms
21 10.10.13.2     56 63 0ms
22 10.10.13.2     56 63 0ms
23 10.10.13.2     56 63 0ms
24 10.10.13.2     56 63 0ms
25 10.10.13.2     56 63 0ms
sent=26 received=26 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=1ms max-rtt=26ms

```

**Figura 47-3: Latencia cliente 1**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 3.2.4. Cálculo del enlace Nodo San Principal - cliente 2.

El objetivo de analizar a otro abonado fue con el afán de verificar si los resultados obtenidos cumple con el servicio establecido por la empresa a diferencia de los que sucedió con el cliente 1, como podemos observar en la tabla 24-3 se hizo un análisis de OTDR.

**Tabla 24-3: Medición OTDR cliente 2**

Longitud de onda (nm)	Estado	Pérdida del segmento (dB)	ORL del segmento (dB)	Longitud de intervalo (km)
1310	Aprobado	2.335	<17.00	191.574 m

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

También se realizó un Speed Test de dicho abonado con el mismo plan corporativo como se observa en la figura 48-3.



**Figura 48-3: Speed Test Cliente 2**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Como nos podemos dar cuenta el cliente 1 con mayor distancia no está funcionando en los parámetros requeridos de la empresa, de igual manera se mira la latencia del cliente 2 y nos dio como resultado de sus paquetes un tiempo de 7ms como se puede observar en la figura 49-3.

```

Move up to base level
Move up one level
command Use command at the base level
[admin@Router05] > ping 10.0.30.27
SEQ HOST                               SIZE TTL TIME  STATUS
 0 10.0.30.27                          56 63 0ms
 1 10.0.30.27                          56 63 0ms
 2 10.0.30.27                          56 63 7ms
 3 10.0.30.27                          56 63 0ms
 4 10.0.30.27                          56 63 0ms
 5 10.0.30.27                          56 63 0ms
 6 10.0.30.27                          56 63 0ms
 7 10.0.30.27                          56 63 5ms
 8 10.0.30.27                          56 63 0ms
 9 10.0.30.27                          56 63 0ms
10 10.0.30.27                          56 63 0ms
11 10.0.30.27                          56 63 0ms
12 10.0.30.27                          56 63 0ms
13 10.0.30.27                          56 63 0ms
14 10.0.30.27                          56 63 0ms
15 10.0.30.27                          56 63 7ms
16 10.0.30.27                          56 63 0ms
17 10.0.30.27                          56 63 0ms
18 10.0.30.27                          56 63 0ms
19 10.0.30.27                          56 63 0ms
sent=20 received=20 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=0ms max-rtt=7ms
SEQ HOST                               SIZE TTL TIME  STATUS
20 10.0.30.27                          56 63 0ms
21 10.0.30.27                          56 63 0ms
22 10.0.30.27                          56 63 0ms
23 10.0.30.27                          56 63 0ms
24 10.0.30.27                          56 63 0ms
25 10.0.30.27                          56 63 0ms
sent=26 received=26 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=0ms max-rtt=7ms

```

**Figura 49-3: Latencia cliente 2**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Estos resultados servirán como referencia para poder llegar a una propuesta de mejoramiento que se realizará en el siguiente punto.

### **3.3. Plan de Mejora**

En todo este proyecto de titulación se ha venido estudiando y analizando diferentes parámetros, en la cual la empresa MegaSpeed S.A. debe acatar cada una de ellas para así poder brindar un mejor servicio a sus clientes.

Se ha tomado tres indicadores en cuenta para un plan de mejoramiento entre los cuales son:

#### **3.3.1. Atenuación**

Como se habló en el capítulo II existen dos tipos de atenuaciones las cuales son las extrínsecas y las intrínsecas, Al momento de realizar el diagnóstico de la red se pudo observar que tenemos baja atenuación, lo que está ocasionando las pérdidas son los empalmes y conectores que se verá en el siguiente indicador.

Dentro del plan de mejora se recomienda hacer un mantenimiento y etiquetado de la red ya que al pasar del tiempo la fibra tiende a maltratarse y eso podría ocasionar una alta atenuación, también es necesario utilizar calefacción dentro de los nodos ya que los equipos deben estar a una temperatura de 17 grados según las recomendaciones de la Compañía Huawei.

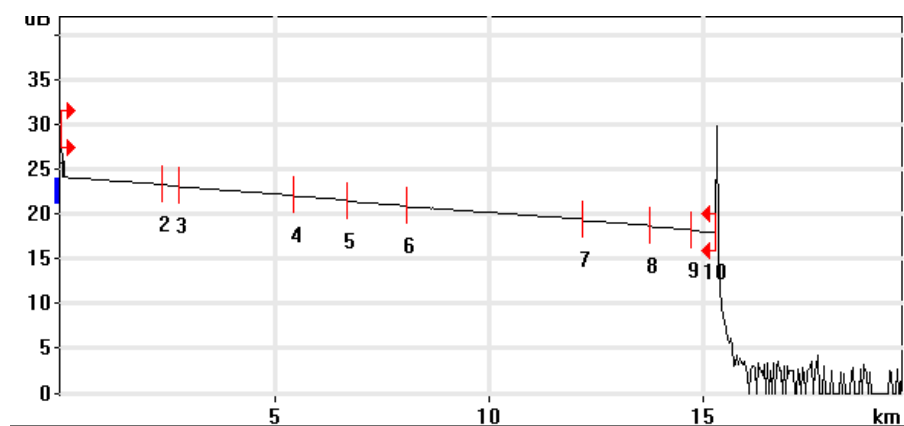
#### **3.3.2. Pérdidas**

##### **3.3.2.1. Red principal (Nodo principal – Nodo Saquisilí)**

Para una expansión de la red óptica es muy importante que la red principal este dentro de los parámetros requeridos por la UIT-T G.652A la cual al momento del análisis encontramos muchas pérdidas y pudimos notar que la mayor cantidad era por empalmes, para esto se ha buscado una solución la cual pudimos entender que la fusionadora tenía mucho que ver al momento de empalmar.

La empresa consta con dos tipos de modelos de fusionadoras la primera es la Orientek T40 y la segunda es la Fujikura 70S. Se pudo notar que cada fusionadora nos da diferentes pérdidas al momento de su empalmado, por lo que se investigó que las fusiones que se realizaron en ese enlace fue con la fusionadora Orientek T40 debido a sus pérdidas y en las condiciones que presentaba la misma.

Como una propuesta de mejoramiento para este punto es que se vuelva a fusionar en los 10 puntos como se muestra en la figura 50-3, pero con las fusionadora Fujikura 70S y también limpiar los conectores como recomienda los fabricantes.



**Figura 50-3: Red principal MegaSpeed S.A.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 3.3.3. Medidas de Rendimiento

#### 3.3.3.1. Ancho de banda

Para que una red tenga una buena conexión al momento de transferir datos es muy importante el ancho de banda el cual permitirá que la red no se colapse con un determinado número de abonados, por lo que se vio de manera importante realizar un rediseño de los planes y compartición para sus clientes en los cuales detallamos en la tabla 25-3. Estos valores se obtuvieron en base a la competencia de ISP's que se encuentran en la provincia de Cotopaxi.

**Tabla 25-3: Distribución de planes MegaSpeed S.A**

<i>PLAN</i>	<i>Ancho De Banda</i>	<i>Ancho de Banda de Subida</i>	<i>Ancho de Banda de Bajada</i>
High Speed	<b>4096/2048 Kbps</b> <b>2:1</b>	AB= G*C= 256ksps*16= 4096kbps	AB= G*C= 256ksps*8=2048kbps
Corporativos	<b>3072 /1536 Kbps</b> <b>2:1</b>	AB= G*C= 256ksps*12= 3072kbps	AB= G*C= 256ksps*6=1536kbps
Micro empresarial	<b>1536 / 1024 Kbps</b> <b>2:1</b>	AB= G*C= 256ksps*6= 1536kbps	AB= G*C= 256ksps*4= 768kbps
Home	<b>2048/1024 Kbps</b> <b>4:1</b>	AB= G*C= 256ksps*8= 2048kbps	AB= G*C= 256ksps*4=1024kbps

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

En la tabla 26-3 se observa el número de equipos que se puede utilizar en cada plan con los cálculos anteriormente encontrados.

**Tabla 26-3: Uso de equipos según el plan a usar**

PLAN	Suma de Personas conectadas simultáneamente	Número de equipos a utilizar
High Speed	$C=16+8=24$ Compartición 2:1	Por compartición 12
Corporativos	$C=12+6=18$ Compartición 2:1	Por compartición 9
Micro empresarial	$C=6+4=10$ Compartición 2:1	Por compartición 5
Home	$C=8+4=12$ Compartición 4:1	Por compartición 3

**Realizado por:** BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Para la expansión de la red el ancho de banda debe aumentar ya que los abonados incrementaran de manera notable como se pudo observar en las proyecciones de la tabla 13-2 para esto se ha realizado un cálculo en el cual miraremos los clientes que existen y las megas optimas que se deben utilizar. De igual manera haremos un número de crecimiento de clientes y veremos las megas que debemos aumentar para el servicio de internet.

En la tabla 27-3 muestra el número de clientes del 2017 con cada uno de sus planes con los que consta la empresa MegaSpeed S.A, los cuales fueron.

**Tabla 27-3: Clientes activo de la empresa MegaSpeed S.A.**

PLAN	NÚMERO DE CLIENTES
Home	1254
Corporativo 1	99
Corporativo 2	58
Corporativo 3	33
Corporativo 5	5
Total clientes	1687

Fuente: (Mega speed, 2017)

A continuación en la tabla 28-3 se muestra el cálculo que se realizó para saber el ancho de banda actual y el ancho de banda a mejorar, el mismo que se obtuvo de los datos de la tabla 10-2, 25-3 y 27-3.

**Tabla 28-3: Cálculo Ancho de Banda.**

Ancho de Banda home	Plan mejora Ancho de Banda home
<p>Clientes: 1254</p> <p>Compartición: 4:1</p> <p>Plan ancho de banda: 1024/760 Kbps</p> $Gc = \frac{1254}{4} = 313 \text{ grupos } 4:1$ $Bs = (313 * 1024kbps) = 321Mbps$ $Bb = (313 * 760kbps) = 238Mbps$ $Bt1 = (Bs * Bb = 321 + 238)Mbps$ $= 559Mbps$	<p>Clientes: 1254</p> <p>Compartición: 4:1</p> <p>Plan ancho de banda: 2048/1024 Kbps</p> $Gc = \frac{1254}{4} = 313 \text{ grupos } 6:1$ $Bs = (313 * 2048kbps) = 641Mbps$ $Bb = (313 * 1024kbps) = 320Mbps$ $Bt1 = (Bs * Bb = 641 + 320)Mbps$ $= 961Mbps$
Ancho de Banda Corporativo 1	Plan mejora Ancho de Banda Micro empresarial

<p>Cientes: 99</p> <p>Compartición: 4:1</p> <p>Plan ancho de banda: 1280/760 Kbps</p> $Gc = \frac{99}{4} = 24,75 \text{ grupos } 4:1$ $Bs = (24,75 * 1280kbps) = 31Mbps$ $Bb = (24,75 * 760kbps) = 18Mbps$ $Bt2 = (Bs * Bb = 31 + 18)Mbps$ $= 49Mbps$	<p>Cientes: 99</p> <p>Compartición: 2:1</p> <p>Plan ancho de banda: 1536/1024 Kbps</p> $Gc = \frac{99}{2} = 49,5 \text{ grupos } 2:1$ $Bs = (49,5 * 1536kbps) = 76Mbps$ $Bb = (49,5 * 1024kbps) = 50Mbps$ $Bt2 = (Bs * Bb = 76 + 50)Mbps$ $= 126Mbps$
Ancho de Banda Corporativo 2	Plan mejora Ancho de Banda Corporativos
<p>Cientes: 58</p> <p>Compartición: 4:1</p> <p>Plan ancho de banda: 1536/1024 Kbps</p> $Gc = \frac{58}{4} = 14,5 \text{ grupos } 4:1$ $Bs = (14,5 * 1536kbps) = 22Mbps$ $Bb = (14,5 * 1024kbps) = 14Mbps$ $Bt3 = (Bs * Bb = 22 + 14)Mbps$ $= 36Mbps$	<p>Cientes: 91</p> <p>Compartición: 2:1</p> <p>Plan ancho de banda: 3072/1536 Kbps</p> $Gc = \frac{91}{2} = 45,5 \text{ grupos } 2:1$ $Bs = (45,5 * 3072kbps) = 139Mbps$ $Bb = (45,5 * 1536kbps) = 69Mbps$ $Bt3 = (Bs * Bb = 139 + 69)Mbps$ $= 208Mbps$
Ancho de Banda Corporativo 3	Plan mejora Ancho de Banda
<p>Cientes: 33</p> <p>Compartición: 4:1</p> <p>Plan ancho de banda: 2048/1024 Kbps</p> $Gc = \frac{33}{4} = 8,25 \text{ grupos } 4:1$	<p>Para la mejora de ancho de banda se funcionó el corporativo 2 y 3 como se muestra en la tabla anterior.</p>



$Bs = (8,25 * 2048kbps) = 16Mbps$ $Bb = (8,25 * 1024kbps) = 8Mbps$ $Bt4 = (Bs * Bb = 16 + 8)Mbps$ $= 24Mbps$	
Ancho de Banda Corporativo 5	Plan mejora Ancho de banda High Speed
Clientes: 5 Compartición: 4:1 Plan ancho de banda: 4000/3000 Kbps $Gc = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ grupos } 4:1$ $Bs = (1,25 * 4000kbps) = 5Mbps$ $Bb = (1,25 * 3000kbps) = 4Mbps$ $Bt5 = (Bs * Bb = 5 + 4)Mbps = 9Mbps$	Clientes: 5 Compartición: 2:1 Plan ancho de banda: 4096/2048 Kbps $Gc = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ grupos } 2:1$ $Bs = (2,5 * 4096kbps) = 10Mbps$ $Bb = (2,5 * 2048kbps) = 5Mbps$ $Bt4 = (Bs * Bb = 10 + 5)Mbps$ $= 15Mbps$
Planes Ancho de Banda	Total planes Ancho de Banda
$B = (Bt1 + Bt2 + Bt3 + Bt4 + Bt5)$ $= (559 + 49 + 36 + 24$ $+ 9)Mbps = 677Mbps$	$(Bt1 + Bt2 + Bt3 + Bt45)$ $= (961 + 126 + 208$ $+ 15)Mbps = 1,310Gbps$

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Como nos podemos dar cuenta con el Ancho de banda que cuenta la empresa que es de 600 Mbps no es suficiente para que los clientes tengan un buen servicio, por lo que se produce un cuello de botella en la red y el servicio tiende a ponerse lento por lo que fue de mucha ayuda ver el incremento de Megas que se debe hacer para el Ancho de Banda.

De igual manera se mejora el ancho de banda óptico como se observa en la tabla 29-3.

**Tabla 29-3: Cálculo Ancho de Banda óptico**

Ancho de banda óptico	Plan mejora Ancho de banda óptico
Bo= Ancho de banda óptico	Bo= Ancho de banda óptico
B=Ancho de Banda(Mbps)	B=Ancho de Banda(Gbps)
L= Distancia(km)	L= Distancia(km)
$Bo = B * l = 600 * 15 = 9(Ghz - km)$	$Bo = B * l = 1,3 * 15 = 19(Ghz - km)$

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 3.3.3.2. Velocidad de Transmisión

Una vez que se mejore el ancho de banda esto dará respuesta a una mejor velocidad de transmisión mediante la fibra óptica ya que se aumentara su ancho de banda óptico. En la tabla 30-3 se muestra cómo va mejorar de manera notable su velocidad de transmisión.

**Tabla 30-3: Cálculo Velocidad de Transmisión**

Velocidad de transmisión	Plan mejora velocidad de transmisión
C= Velocidad de transmisión	C= Velocidad de transmisión
B= Ancho de Banda	B= Ancho de Banda
$C = 2 * B = 2 * 600Mbps = 1.2Gbps$	$C = 2 * B = 2 * 1,3Gbps = 2,6Gbps$

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

### 3.3.3.3. Latencia

Una vez que se analizó la red óptica se pudo notar que ha grandes distancias la latencia era alta y a cortas distancias la latencia era baja, el problema es las fusiones en el ODF y sus conectores que están ocasionando pérdidas en diferentes hilos de la red secundaria para eso se ha establecido un plan de mejora que con las soluciones que hemos recomendado anteriormente se logrará optimizar la red óptica.

Se detalla a continuación que la velocidad de transmisión se incrementó con el plan de mejoramiento como se observa en el gráfico de la red y diseño de expansión tomando en consideración, ya que se cumple a cabalidad con lo ofertado conectándonos a un servidor

extranjero con la herramienta SpeedTest verificamos que se cumple lo expuesto en los valores de la tabla 31-3.

Debido a que la fibra óptica no produce radiación electromagnética, es resistente a la acción intrusiva de escucha. Para acceder a la señal que circula en la fibra es necesario partirla, con lo cual no hay transmisión durante este proceso, y puede por tanto detectarse, y se establece que el nivel de seguridad es alto.

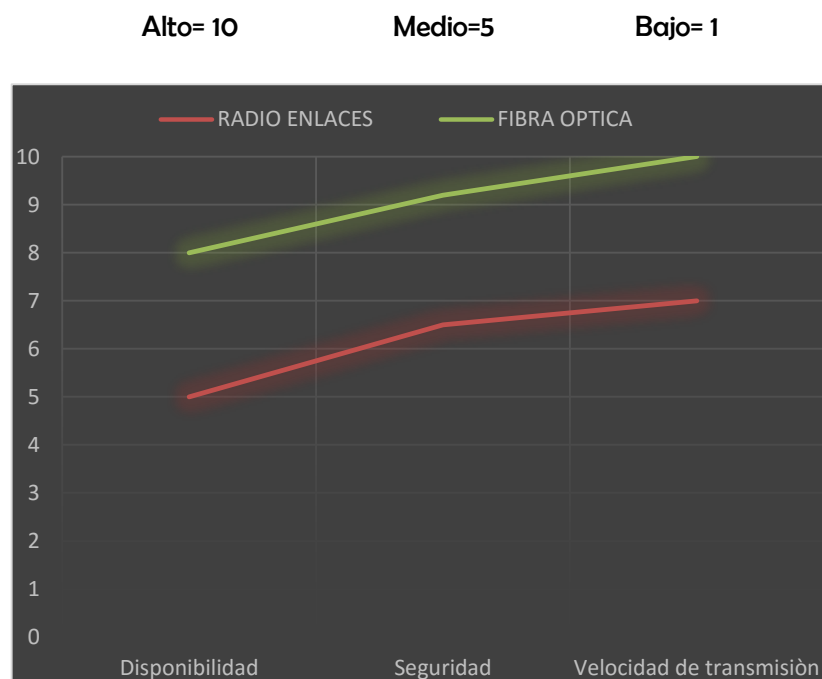
Al momento que se realizó el diagnóstico de la red óptica empresarial con el plan de mejoramiento de la red y diseño de expansión en las localidades detalladas en el documento se asegura una alta disponibilidad a los clientes.

**Tabla 31-3: Comparativa entre situaciones**

	SITUACIÓN INICIAL	PLAN DE MEJORA
	RADIO ENLACES	FIBRA ÓPTICA
<b>Velocidad de Transmisión</b>	7	10
<b>Seguridad</b>	6	9
<b>Disponibilidad</b>	7	8

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Se observa en el gráfico 4-3 que aplicando el plan de mejoramiento y diseño de expansión tomando en consideración hay muchos cambios en lo cual la fibra óptica sobresale con respecto a la situación inicial de la empresa MegaSpeed S.A.



**Gráfico 4-3: Comportamiento entre situaciones.**

Realizado por: BORJA., Edison & IZA, Jefferson, 2017

Una solución viable y como propuesta de mejoramiento a futuro para estar en competencia de las grandes corporaciones es una red G-pon la cual generara mayor velocidad y distancia a la actual tecnología que la empresa brinda y como no decir que se mejorara su latencia con respecto a la actual. Con las propuestas de mejoramiento mencionadas anteriormente se puede decir que la red óptica esta apta para expandirse y realizar el diseño de la red G-pon en el sector de Guaytacama y Tanicuchi, así también se puede afirmar que la red óptica se encuentra aprobada para un diseño de la red G-pon en el sector de Latacunga logrando así tener mayor alcance mediante fibra óptica.

#### **3.3.4. Equipos posibles a utilizar para la expansión de la red.**

- Cloud Core Router 1016-12s-1s: Con la ayuda de este nuevo equipo se logrará trabajar con 12 puertos sftp los cuales generan potencias de 10Gbits que ayudan a la transferencia de datos mediante la conexión con la OLT de la tecnología G-pon.

#### **3.3.5. Equipos posibles a utilizar para la red G-PON**

- Olt Huawei MA5608t Gpon 16 puertos
- Onus para cada cliente Huawei HG8310M
- Conectores mecánicos para fibra

Las uniones o las terminaciones de fibra óptica se realizan de dos maneras: 1) con conectores, que unen dos fibras para crear una unión temporaria y/o conectar la fibra a un equipo de red; o 2) con empalmes, que crean una unión permanente entre dos fibras. Ambos métodos de terminación deben tener dos características principales: buen rendimiento óptico, determinado por una atenuación baja y una reflectancia mínima, y alta resistencia mecánica. Las terminaciones también deben ser del estilo adecuado para que sean compatibles con el equipamiento utilizado y estén protegidas de los efectos nocivos del lugar de instalación. (The Fiber Optic Association, Inc., 2014)

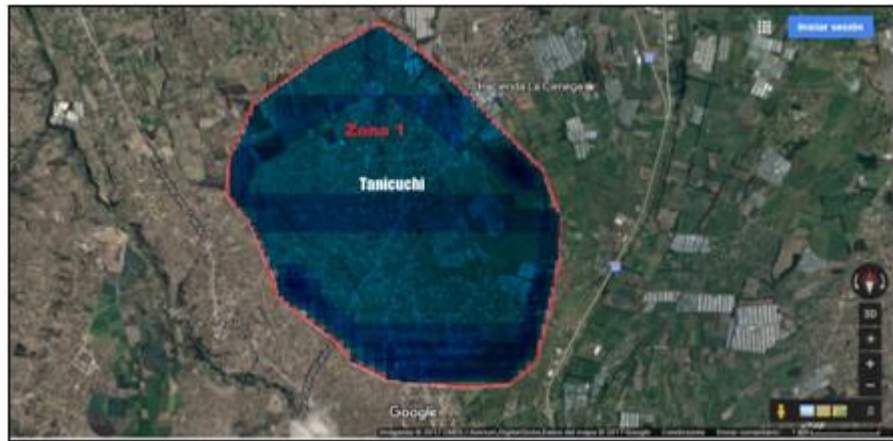
- Conectores para fibra SC/UPC, LC, FC, SC Duplex
- Nap aéreas con splitter de 1:16
- Nap aéreas con splitter de 1:4
- Patch core sc-si-sm sx, patch core lc/ PC-St/PC patch core lc-lc-sm sx
- Módulos G-pon – olt- class c++ OM5052
- Módulos G-pon
- Módulos para puertos sfp Cab – 10 gsfp-p2m de 10 g
- Router Board Cloud core mikrotik Ccr 1036 – 12G -4s (2)
- cajas multimedia para los clientes (rosetas)

- Odf's de 48 hilos
- Mangas de empalmes
- Fibra de 48 hilos tipo G.652A
- Fibra de última milla tipo G.657A1
- Herrajes de paso y de retención para el tendido de fibra aéreo
- Cornetas para el tendido de fibra
- Router para los clientes TP-LINK TL-WR740N 150Mbps
- Huawei tarjeta G-PON 16 puertos con módulos C+ GPFD
- Pigtail

### 3.4. Diseño De La Red G-Pon

#### 3.4.1. Delimitaciones del Área de Cobertura

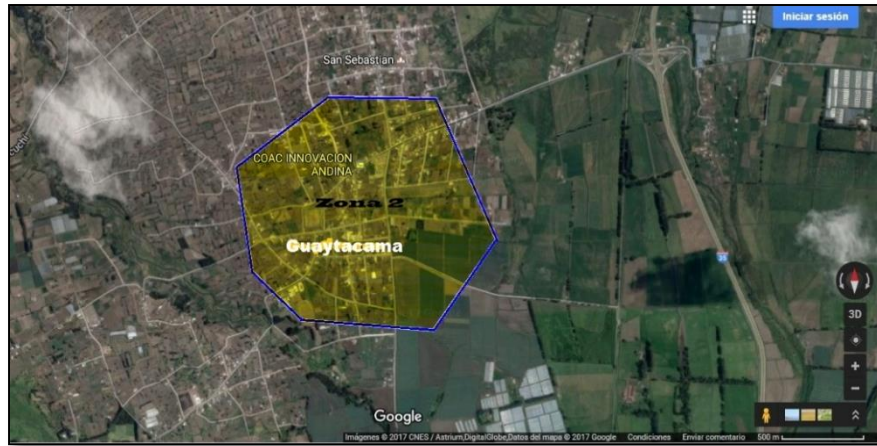
Una vez realizada la inspección y la ubicación geográfica de los sectores Guaytacama y Tanicuchi, se determinó la ruta adecuada para el diseño de la red G-pon a fin de obtener una mayor cobertura y optimizar recursos. Uno de los principales objetivos de este proyecto es realizar el diseño de expansión de la red actual de la empresa, logrando con este diseño la migración de los clientes que actualmente trabajan con internet por medio de radio base, la misma que se encuentra delimitada la zona 1 representada por Tanicuchi como se muestra en el figura 51-3.



**Figura 51-3: Delimitación área de cobertura en Tanicuchi**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

Se encuentra delimitada la zona 2 que representa a Guaytacama como se observa en el figura 52-3.



**Figura 52-3: Delimitación área de cobertura Guaytacama**

**Realizado por:** Borja Edison & Iza Jefferson 2017

El diseño de la red de expansión de fibra óptica parte desde el nodo principal ubicado en el centro de la ciudad en la calle Antonia Vela y Calixto Pino. Para el diseño se realizó las respectivas mediciones mediante un Odómetro y por medio de referencias GPS en las cuales obtuvimos una distancia de 18.33 Kilómetros hasta nuestra primera localidad de Guaytacama y una distancia de 27. 87 Kilómetros hasta nuestra segunda localidad de Tanicuchi.

Por lo cual con un correcto diseño se brinda una excelente cobertura, respetando las normas que tiene la tecnología G-pon, una de ellas que es de no sobrepasar el límite de distancia, ya que una OLT cubre hasta 20 Kilómetros de distancia brindando una buena calidad de servicio.

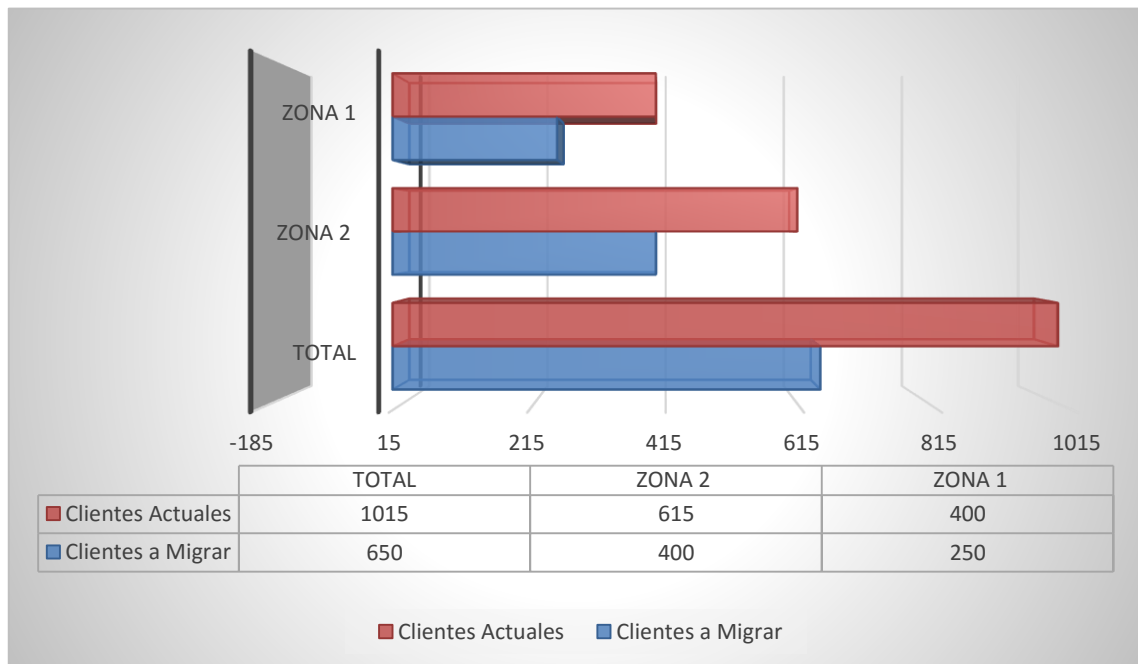
A de más se observó que estas localidades tienen un poco de problema con los clientes que tienen el servicio de internet por medio de radio enlace, con esta nueva tecnología G-pon todos estos clientes insatisfechos tendrán una buena navegación y así tendrá la empresa MegaSpeed S.A, una mayor confianza en el mercado, en la tabla 32-3 nos muestra el número de clientes que tenemos en estas zonas y los clientes a migrar que se obtendrá en base al diseño de la red G-pon.

**Tabla 32-3: Clientes por zonas**

	<b>CLIENTES ACTUALES</b>	<b>CLIENTES A MIGRAR</b>
<b>ZONA 1</b>	400	250
<b>ZONA 2</b>	615	400
<b>TOTAL</b>	<b>1015</b>	<b>650</b>

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

Tomando como referencia los clientes actuales se estableció el número de clientes que van a migrar en la empresa MegaSpeed S.A, como se muestra en el grafico 5-3.

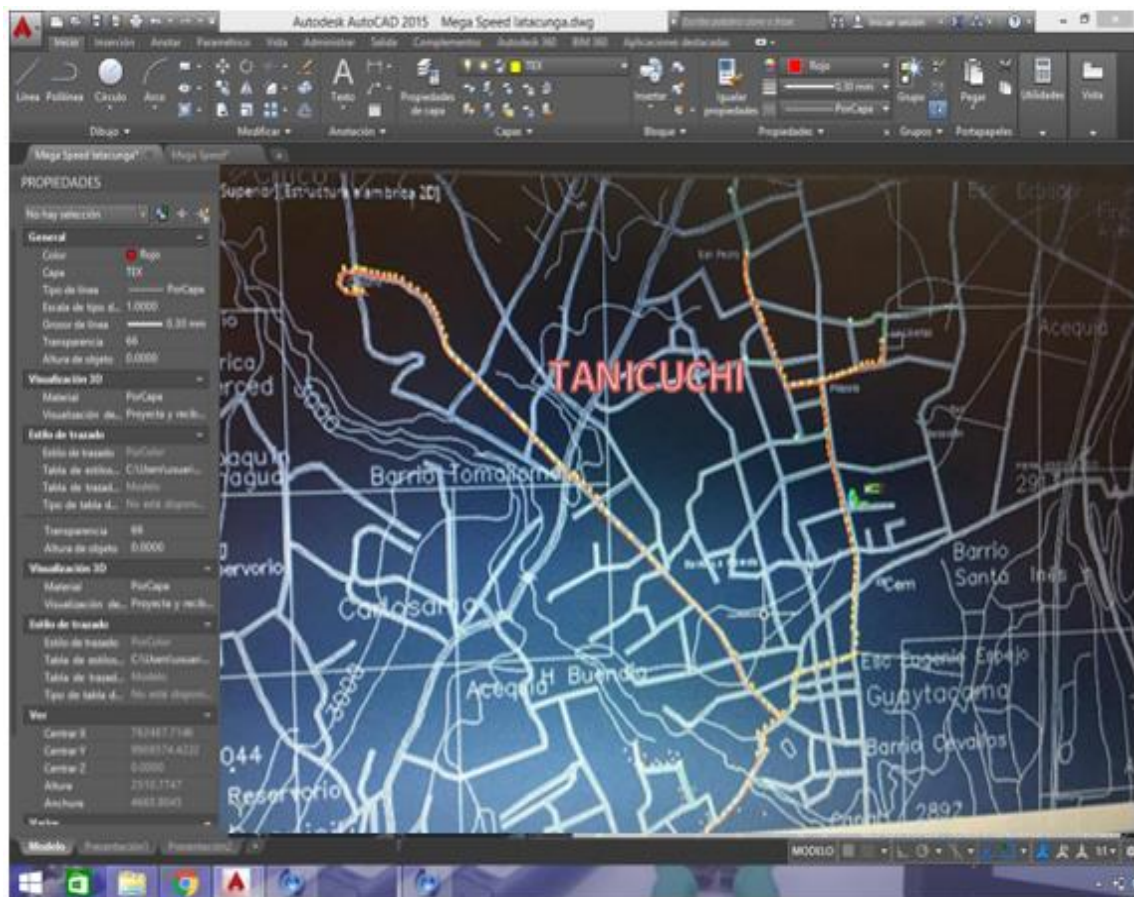


**Gráfico 5-3: Total clientes por zonas**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

### 3.4.2. Topología de expansión de fibra en Tanicuchi.

La siguiente topología de expansión se la realizó tomando en cuenta que el nodo principal que está ubicado en Latacunga hasta Saquisilí, se expandió 5 kilómetros de fibra como se muestra en la figura 55-3 con un tipo de tendido aéreo para la localidad de Tanicuchi, acorde a las necesidades de los usuarios del sector.



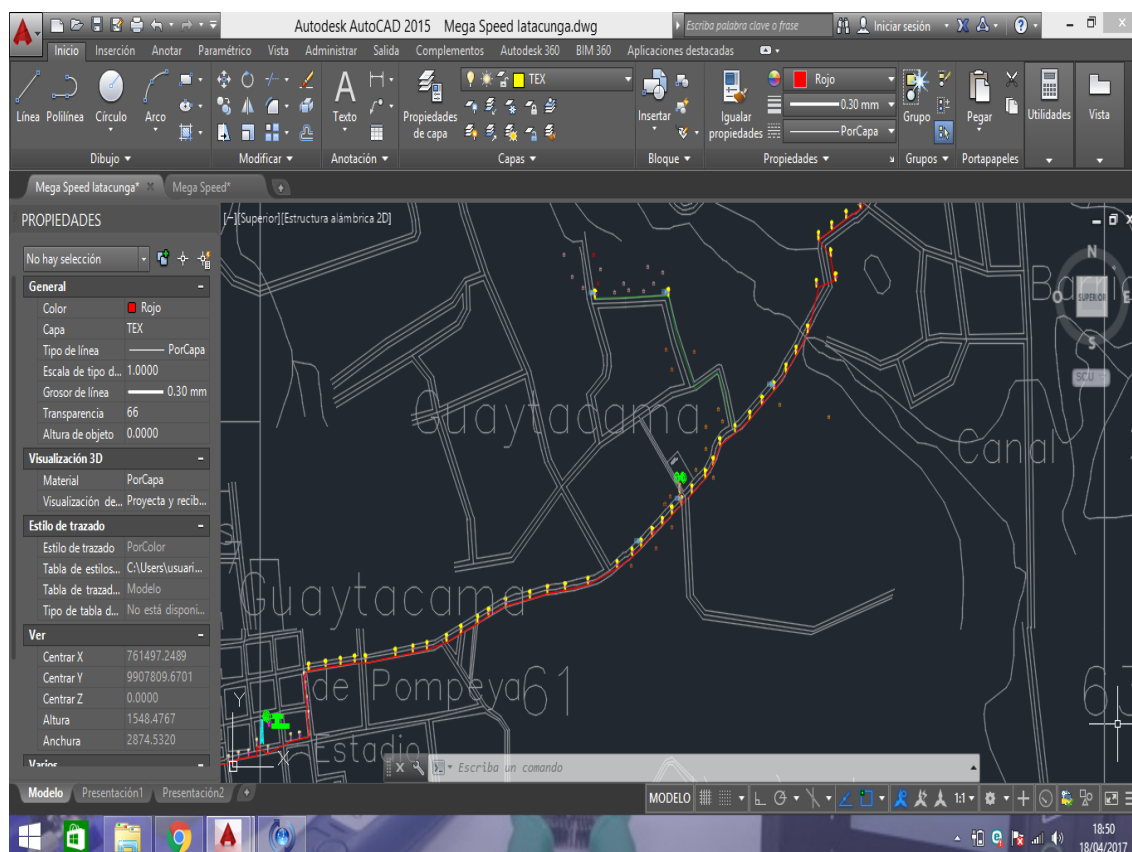
**Figura 53-3: Diseño de expansión Tanicuchi**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017



### 3.4.3. Topología de expansión de fibra en Guaytacama.

Se diseñó el modelo de expansión de 4 kilómetros de fibra como se muestra en la figura 56-3 para la localidad de Guaytacama, acorde a las necesidades de los usuarios del sector, esto se realizará con un tipo de tendido aéreo.



**Figura 54-3: Diseño de expansión Guaytacama**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

### 3.4.4. Planteamiento de la red G-pon

En la figura 55-3 se muestra un diagrama de la red desde la OLT hasta el cliente final, se utiliza un equipo el cual es la Huawei G-PON OLT MA5608T que trabaja con las recomendaciones de la ITU.T G.984.1 (03/2008) mediante las siguientes características como se puede observar en la tabla 33-3 y 34-3.

**Tabla 33-3: Especificaciones Técnicas Tarjeta H807GPBH**

Especificaciones	
Nº Puertos	8
Sensibilidad de potencia recepción por puerto	-32 dBm óptica C+
Número máximo de direcciones MAC Soportado	32768
Consumo de energía típico	Tarjeta funcionando a pleno rendimiento 38W
Radio MAX Splitter	1:128
Distancia máxima de fibra (km)	20

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

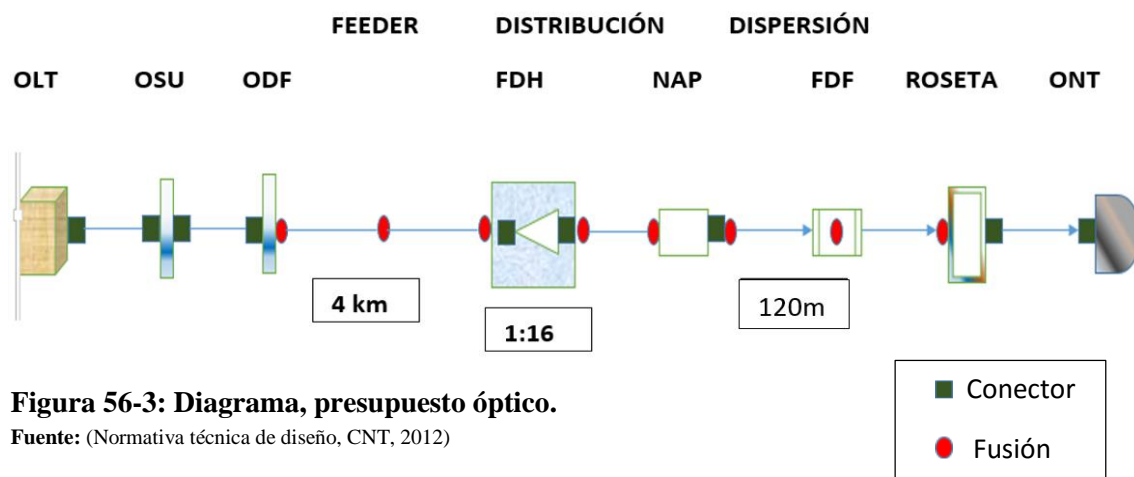
**Tabla 34-3: Especificaciones Técnicas Módulos SFPs C+**

Especificaciones	
Longitud de onda operativa	Tx: 1490 nm / Rx: 1310 nm
Velocidad por Puerto	Tx: 2.49 Gbit/s / Rx: 1.24 Gbit/s
Potencia óptica de salida mínima	3.00 dBm
Máxima potencia óptica de salida	7.00 dBm
Sensibilidad Máxima de recepción	-32 dBm
Tipo de conector óptico	SC/UPC

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

Se emplea una fibra optica monomodo de 48 hilos tipo **G.652A** para el primer y segundo nivel de splitters, para llegar hasta los clientes se utiliza una fibra de ultima milla categoria **G.657A1** brindando asi un servicio de la calidad y respetando la normativa con la que trabaja la empresa.





**Figura 56-3: Diagrama, presupuesto óptico.**

Fuente: (Normativa técnica de diseño, CNT, 2012)

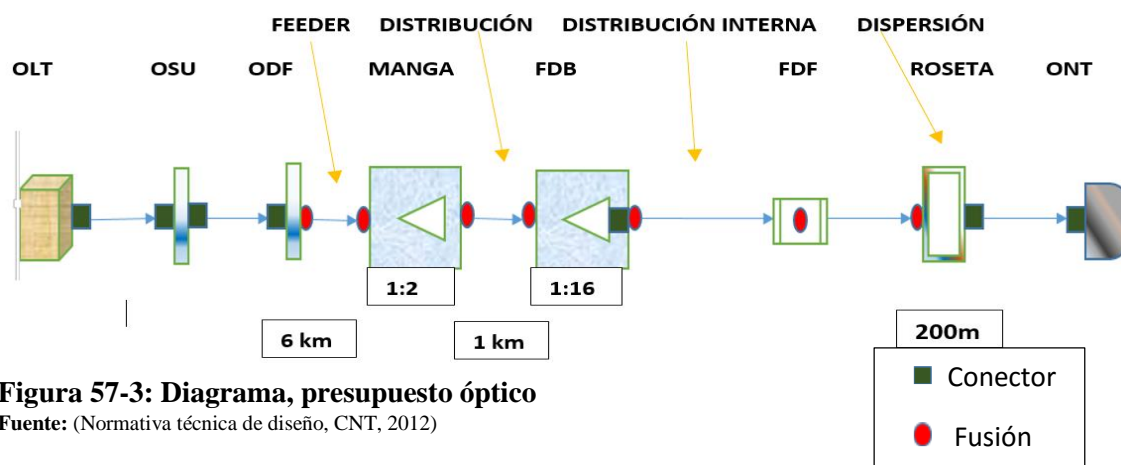
**Tabla 36-3: Presupuesto óptico para cliente más cercano**

Cálculo con mínima distancia  Estos valores corresponden al usuario más cercano.		Feeder	1.30Km
		Distribución	2.70Km
		Dispersión	120m
		<b>TOTAL DISTANCIA (Km)</b>	<b>4.12Km</b>
<b>Elementos de la Red de Fibra Óptica</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pérdida de elemento Típica (dB)</b>	<b>Total Pérdida (dB)</b>
Conector= 0,5dB	9	0.50	4.50
Empalmes de fusión= 0,1dB promedio	8	0.10	0.80
Empalmes mecánicos=0,1dB promedio		0.20	0.00
Splitter 1x2		3.50	0.00
Splitter 1x4		7.00	0.00
Splitter 1x8		10.50	0.00
Splitter 1x16	1	14.00	14.00
Splitter 1x32		17.50	0.00
Splitter 1x64		21.00	0.00
Splitter 2x4		7.90	0.00

<b>Splitter 2x8</b>		11.50	0.00
<b>Splitter 2x16</b>		14.80	0.00
<b>Splitter 2x32</b>		21.30	0.00
<b>Splitter 2x64</b>		0.35	0.00
<b>Longitud de onda 1310nm</b>	<b>4.12</b>	0.35	1.442
<b>Longitud de onda 1490nm</b>		0.30	0.00
<b>Longitud de onda 1550nm</b>		0.25	0.00
<b>Total (dB)</b>			<b>20.742</b>

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

En la figura 57-3 nos muestra el diagrama de presupuesto óptico del cliente mas lejano y en la tabla 37-3 podemos observar sus pérdidas que tendra el cliente en el recorrido del enlace.



**Figura 57-3: Diagrama, presupuesto óptico**

Fuente: (Normativa técnica de diseño, CNT, 2012)

**Tabla 37-3: Presupuesto óptico para cliente más lejano.**

Cálculo con máxima distancia  Estos valores corresponden al usuario más lejano.	Feeder	2.45Km
	Distribución	4.55Km
	Dispersión	200m
	<b>TOTAL DISTANCIA (Km)</b>	<b>7.2Km</b>

<b>Elementos de la Red de Fibra Óptica</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pérdida de elemento Típica (dB)</b>	<b>Total Pérdida (dB)</b>
<b>Conector= 0,5dB</b>	<b>7</b>	0.50	3.50
<b>Empalmes de fusión= 0,1dB promedio</b>	<b>7</b>	0.10	0.70
<b>Empalmes mecánicos=0,1dB promedio</b>		0.20	0.00
<b>Splitter 1x2</b>	<b>1</b>	3.50	3.50
<b>Splitter 1x4</b>		7.00	0.00
<b>Splitter 1x8</b>		10.50	0.00
<b>Splitter 1x16</b>	<b>1</b>	14.00	14.00
<b>Splitter 1x32</b>		17.50	0.00
<b>Splitter 1x64</b>		21.00	0.00
<b>Splitter 2x4</b>		7.90	0.00
<b>Splitter 2x8</b>		11.50	0.00
<b>Splitter 2x16</b>		14.80	0.00
<b>Splitter 2x32</b>		21.30	0.00
<b>Splitter 2x64</b>		0.35	0.00
<b>Longitud de onda 1310nm</b>	<b>7.2</b>	0.35	2.52
<b>Longitud de onda 1490nm</b>		0.30	0.00
<b>Longitud de onda 1550nm</b>		0.25	0.00
<b>Total (dB)</b>			<b>24.22</b>

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

### 3.4.5. Costo total de la red G-pon

El costo total estimado de la Red G-pon que se diseño es la suma de los diferentes equipos y materiales utilizados para la implementación tales como; OLTs, ONUs, Splitters, Cable de fibra, etc. Sumado el costo de la mano de obra que se utiliza para la instalación de los equipos antes mencionados, como también para el chequeo y testeo de cada una de las etapas de la red.

El costo total de la Red G-pon que se diseño es de \$36,088.25 lo cual no es un monto muy alto debido a la tecnología que utiliza y que es diseñado totalmente a base de fibra como se observa en la tabla 38-3 y en el anexo H se presenta detalles y facturas de los equipos adquiridos para la red.

**Tabla 38-3: Costos principales de la red**

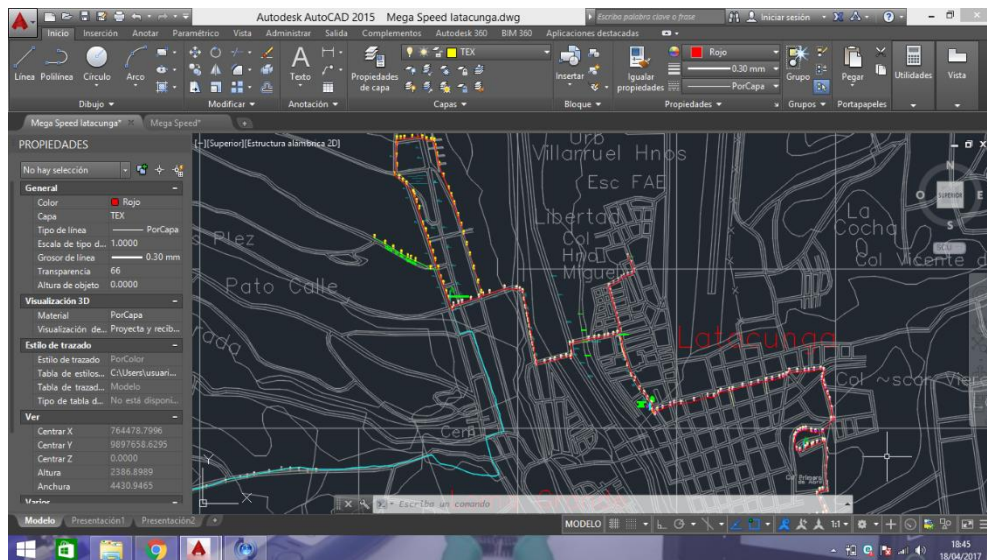
<b>TOTAL DE COSTOS</b>	<b>PRECIO TOTAL (\$)</b>
Costo de equipos OLT y ONU	\$10,961.40
Costo de cajas de fibra óptica más splitters	\$1,600.85
Costo de fibra óptica monomodo tipo G.652 y G.657A1	\$11,430.00
Costo de instalación	\$10,100.00
Capacitación	\$900
Otros equipos	\$1,096.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$36,088.25</b>

**Realizado por:** Borja Edison & Iza Jefferson 2017

#### **3.4.6. Situación Vigente**

Luego de haber finalizado el plan de mejoramiento de la red y diseño de expansión en las localidades de Tanicuchi y Guaytacama, se evaluó los siguientes resultados:

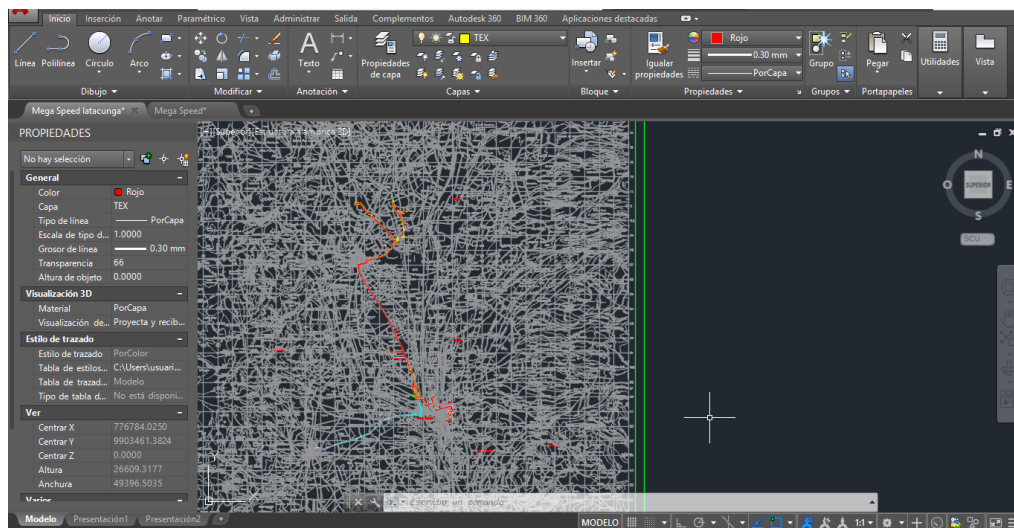
- El cable de fibra óptica de estructura holgada, al ser totalmente dieléctrico resulta inmune a las interferencias electromagnéticas, conveniente para distancias medias y largas, es considerablemente más barato que el cable OPGW, satisface los requerimientos G.652 y G.655 de la ITU-T. Este tipo de cable puede ser instalado para largas distancias al momento de implementar el diseño de expansión expuesto en el presente trabajo de titulación.
- Se mejoró el rendimiento de la red en un 100% gracias al diseño de expansión para las localidades de Tanicuchi y Guaytacama partiendo desde el nodo principal Latacunga hasta Saquisilí como se muestra en la figura 58-3, tomando en cuenta los requerimientos de los usuarios actuales y posibles nuevos usuarios de la empresa MegaSpeed S.A.



**Figura 58-3: Mejoramiento de la red desde el Nodo principal**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017

En la figura 59-3 se visualiza el diseño de la red de expansión realizado en la empresa MegaSpeed S.A.



**Figura 59-3: Diseño de expansión**

Realizado por: Borja Edison & Iza Jefferson 2017



## CONCLUSIONES

Al momento de diagnosticar una red óptica se pudo evidenciar que la tecnología que se empleaba no era la adecuada ya que se tomó en cuenta cuatro indicadores para determinar el estado de la red óptica, por lo que se vio la necesidad de cambiar a una tecnología actual que esté acorde a la infraestructura de la empresa.

Mediante el despliegue de pruebas de la red óptica se pudo verificar si dicha red cumple con los parámetros que establece la norma TIA/EIA-568-A y ISO/IEC 11801:2002, en este caso la red óptica MegaSpeed S.A. no cumplía en su totalidad con los estándares establecidos en el indicador de pérdidas por fusión ya que existía empalmes con un rango de pérdidas de (0.063 – 1.405) dB lo cual nos da como resultado una potencia de recepción baja, del mismo modo se logró encontrar que al momento del tendido de la red óptica no existía macrocurvatura ya que se encontró pérdidas entre (0.263 – 0.365) dB/km por lo cual la atenuación estaba trabajando correctamente entre sus parámetros .

La infraestructura de la red óptica empresarial MegaSpeed S.A. necesita de un mantenimiento y etiquetado de la misma, así como también se llegó a determinar que existen equipos con escasos rendimientos tales como Cloude Core Router CCR-1036 que no opera con puertos sftp de 10 Gigabyte los cuales son fundamentales para que la Olt trabaje de manera correcta, además fue necesario climatizar cada nodo manteniendo así a 17 grados.

Dentro de la propuesta de mejoramiento es la tecnología G-PON que sin duda alguna es una solución para la empresa MegaSpeed S.A por lo que se migrara 650 clientes a esta nueva tecnología los cual tendrá como satisfacción de un 70% en seguridad, un 98% en al ámbito de velocidad de transmisión y un 99% en Fireware.

Mediante la implementación del diseño de la red, producto de este estudio, consideramos un crecimiento de clientes de 5691 con una proyección hasta 5 años y un aumento de ancho de banda de 600 Mbps a 1.310 Gbps, siendo esta una tecnología probada y de gran beneficio tanto para la empresa porque podrá expandirse a una distancia máxima de 20 km como para sus abonados por la velocidad de Internet que esta tecnología generara y se estima que tendrá la capacidad de reproducir IPTV con un plan home debido a la potencia que emite la OLT.

## RECOMENDACIONES

Los equipos que se están utilizando actualmente en el nodo principal deben ser modificados para una mayor capacidad de enlaces, esto servirá para que se pueda ejecutar de una mejor forma la expansión de la red por lo que se recomienda utilizar el Cloud Core Router RB 1016 el cual posee puertos sftp Gigabyte.

Cuando se realice el diagnostico de una red óptica hay que tener en cuenta que debe ser por la noche ya que al momento de conectar el OTDR, al otro lado donde finaliza la fibra óptica debe estar desconectado por lo cual dejaría sin conexión de internet a los abonados por unos minutos.

Al momento de utilizar un conector o de realizar un empalme hay que tener en cuenta las pérdidas que existen ya que cada elemento se encuentra regido a parámetros que la empresa debe cumplir.

Cuando se realiza el diseño de una red G-pon hay que tomar en cuenta donde existe mayor demanda de usuarios y por donde es más viable realizar el recorrido de la fibra para que la red óptica no sea maltratada.

Es indispensable tener conocimientos previos para realizar dicho diagnostico o realizarlo con ayuda del técnico encargado ya que es una red principal donde la mayoría de sus abonados se encuentran conectados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Aristizabal, V.;** "*Introducción a la Tecnología de Fibras Ópticas y Análisis Numérico de la Propagación de la Luz en Fibras Micro-Estructuradas*". *Revista Tecno Lógicas*, 2007.
2. **Axayacatl, O.** *La fabricación de fibra óptica* . [Blog]. [Consulta:05 de 03 de 2015]. Disponible en: <http://blogingenieria.com/productos/fabricacion-fibra-optica/>.
3. **Berral, Isidoro.** "*Instalación y mantenimiento de redes para transmisión de datos*": Ediciones Paraninfo, 2014.
4. **Boquera, M.** *Comunicaciones ópticas*. . España : Díaz de Santos, 2005.
5. **Carangui, R. y Carrión , E.** "*Diseño de una red de acceso Gepon para la empresa Ecuonet-Megadatos en un sector de Cumbayá*". (Tesis Pregrado) Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Informatica y Electrónica en Ingeniería en Redes y Comunicación. Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2012.
6. **Córdoba, M.** "*Procesos de fabricación de fibras ópticas*". 2003.
7. **Cosíos, P.** "*Gestión y prestación del servicio público de telecomunicaciones en Ecuador desde la nueva perspectiva constitucional*". SENATEL , 2016.
8. **DAySenR.** "*Calidad de Servicio (QoS)*", 2017.
9. **Fernández, S.** *EMMT*. [Blog]. [Consulta:22 de 07 de 2009]. Disponible en: <http://marismas-emtt.blogspot.com/2009/09/conector-sc.html>.
10. **Coimbra, E.** "*Comunicaciones ópticas*", 2011.
11. **Hutcheson, L.** "*Current Status and the Future*". 2008.
12. **Illescas, E.** *Estudio y Diseño de una Red Gpon que Provea de Servicios de Voz, Video y Datos para el Sector de la Carolina en el Distrito Metropolitano de Quito, Para La CNT.* (Tesis de Pregrado).Quito: UISRAEL. Electrónica Digital y Telecomunicaciones, 2012.
13. **INVESTIGAR.** "*Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Guaytacama. Latacunga*". [Blog]. [Consulta: 29 de 06 de 2017]. Disponible en: <http://guaytacama.gob.ec/cotopaxi/?p=124>, 2017.
14. **Kenneth, L. y Laudon, J.** "*Sistemas de información gerencial*". México : Pearson Prentice Hall, 2004.

15. **Mega speed.** *Misión del cliente* [blog]. [Consulta: 22 de 07 de 2009]. <http://www.megaspeed.net.ec/plan.html>.
16. **Noboa, R., Loor, M. y Vargas, G.** "*Diseño de una red óptica pasiva de acceso para una urbanización ubicada en la vía Samborondón*". Guayaquil, 2011.
17. **Norton, W.** "*Internet Service Providers and Peering*", 2000.
18. **Ocampo, J.** *Wimax*. [Blog]. [Consulta: 07 de 04 de 2007]. Disponible en: <http://www.sx-de-tx.wikispaces.com/WIMAX>.
19. **PDyOT, Encuestas.** "*Numero de Habitantes*". Latacunga, 2015.
20. **Pérez, A.** "*Instalaciones de telecomunicaciones*". Madrid : Gáficas Summa, 2014.
21. **Pinto, R.** "*Introducción a las comunicaciones ópticas*", 2014.
22. **Spw.** *Standard de fibras ópticas*. [Blog]. [Consulta: 04 de 03 de 2014]. Disponible en: [http://www.spw.cl/05mar07\\_mobile/Transporte/Estandares\\_de\\_fibras\\_opticas.pdf](http://www.spw.cl/05mar07_mobile/Transporte/Estandares_de_fibras_opticas.pdf). 1402.
23. **Taco, P. y Díaz , P.** *Diseño de una red de acceso GPON para proveer servicios triple play (internet, telefonía y vídeo) en el sector de la Carolina a través de la red del grupo Tvcable*. (Tesis de Pregrado). Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Informatica y Electrónica en Ingeniería en Redes y Comunicación, 2009.
24. **Tejedor, R.** *GPON (Gigabit Passive Optical Network)*. [Blog]. [Consulta: 15 de 01 de 2008]. Disponible en: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>.
25. **TELEPRO.** *Fibra óptica y las Pérdidas de la Fibra Óptica*. [Blog] 05 de 05 de 2015. Disponible en: [telpromadrid.eu/fibra-optica](http://telpromadrid.eu/fibra-optica).
26. **The Fiber Optic Association, Inc.** *La Asociación de fibra óptica*. [Blog]. [Consulta: 03 de 06 de 2014]. Disponible en: <http://www.thefoa.org/>.
27. **Trenzado , M. y et al.** "*Los medios de comunicación. Política y gobierno en España. Valencia*" : Tirant lo Blanch, Ciencia Política, 2001.
28. **Uribe, E.** "*Evolución del servicio de telecomunicaciones durante la última década*". UNIVERSIDAD DE LOS ANDES-CEDE., 2005.
29. **Wayne, T.** "*Sistema de comunicaciones electrónicas*". *Sistema de comunicaciones electrónicas*". México : Prentice Hall, 2003.

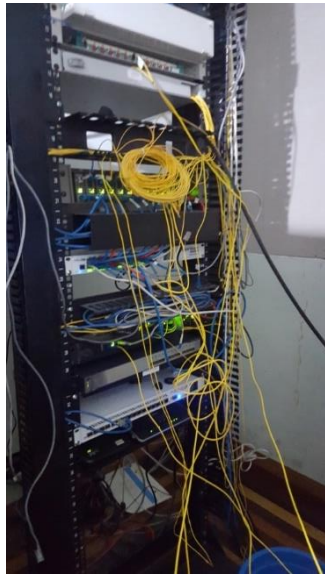
30. **Wiley, John y Green , Jr.** "*Fiber to the home: the new empowerment*". Vol. 4. : Mc GrawHill, 2005.
31. **Yaguache, F. y Yépez , J.** *Diseño De Una Red De Distribución Óptica (Odn) Multiservicio con Tecnología Gpon en el Sector Occidental de la Ciudad de Loja para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Ep.* (Tesis de Pregrado). Loja. Universidad Nacional de Loja. Área de la energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables. Carrera de ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, 2016.

## ANEXOS

### Anexo A

#### Mantenimiento de los nodos

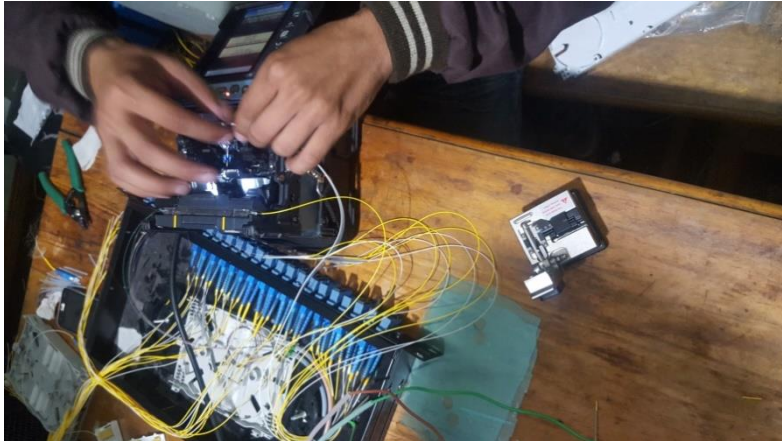
Una vez conocida la red óptica y visto sus problemas se realizaron mantenimientos tanto en el Nodo Principal como en el Nodo Secundario con el objetivo de seguir cumpliendo con el plan de mejoras que se expuso en este proyecto de titulación.



## **Anexo B**

### **Modificación del ODF**

Para reducir las pérdidas se modificó las fusiones del ODF que se encontraban en el nodo principal esto se lo realizó con la fusionadora Fujikura.



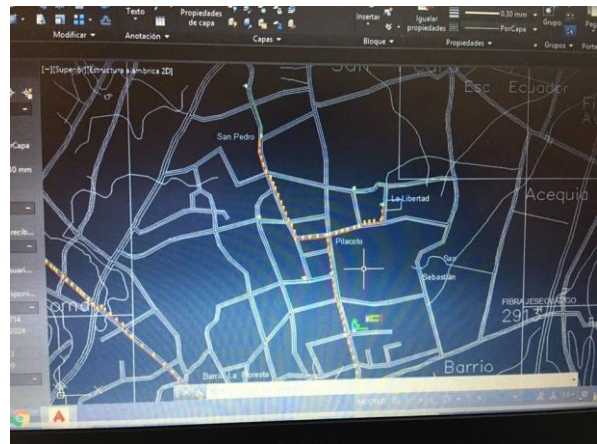
Una vez resuelto ese problema se procedió a corregir cada uno los empalmes que se encontró al momento de diagnosticar la red que se encontraban en el enlace punto a punto.



## Anexo C

### Tendido de Fibra óptica

Uno de los objetivos principales de la empresa es alcanzar la excelencia y calidad de servicio de internet mediante Fibra óptica para así poder estar en competencia de las grandes corporaciones, para ello fue necesario introducir la tecnología G-pon a la misma. El tendido de fibra óptica se realizó en los sectores de Latacunga, Tanicuchi y Guaytacama.



Una vez realizado el estudio se tendió cable de fibra óptica de 48 hilos vía aérea en el sector de Latacunga, con lo que se cerraría un anillo de seguridad para poder tener mayor calidad y estabilidad del servicio, se utilizó el mismo método en la Parroquia Guaytacama solo que en este sector se utilizó una fibra de 24 hilos vía aérea.

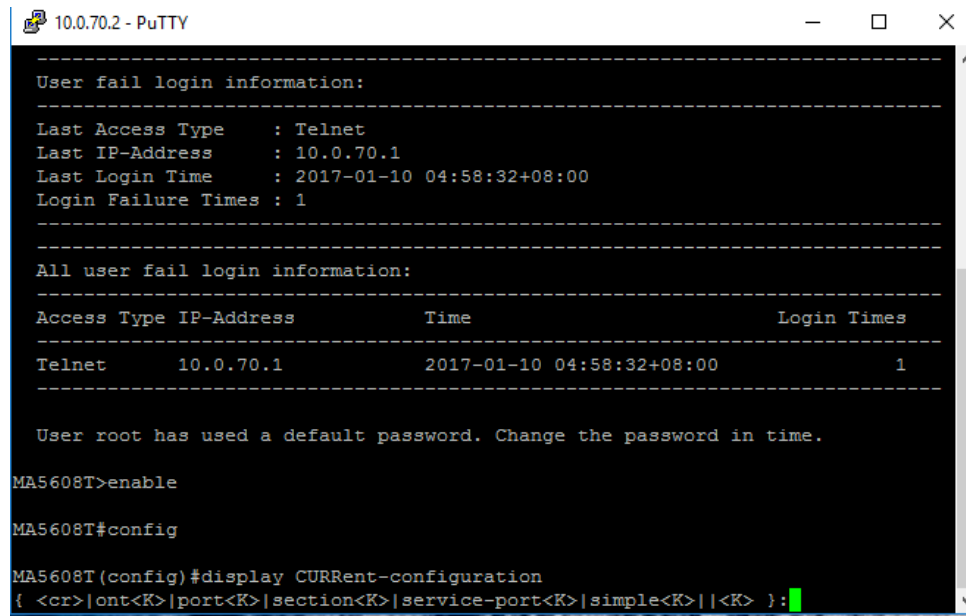




## Anexo D

### Configuración de OLT Y ONT HUAWEI

En la configuración de equipos OLT HUAWEI se hizo muy familiar a lo aprendido en Cisco ya que se configuraba con comandos similares con estos conocimientos más los aprendidos en la capacitación se procedió a configurar los equipos.



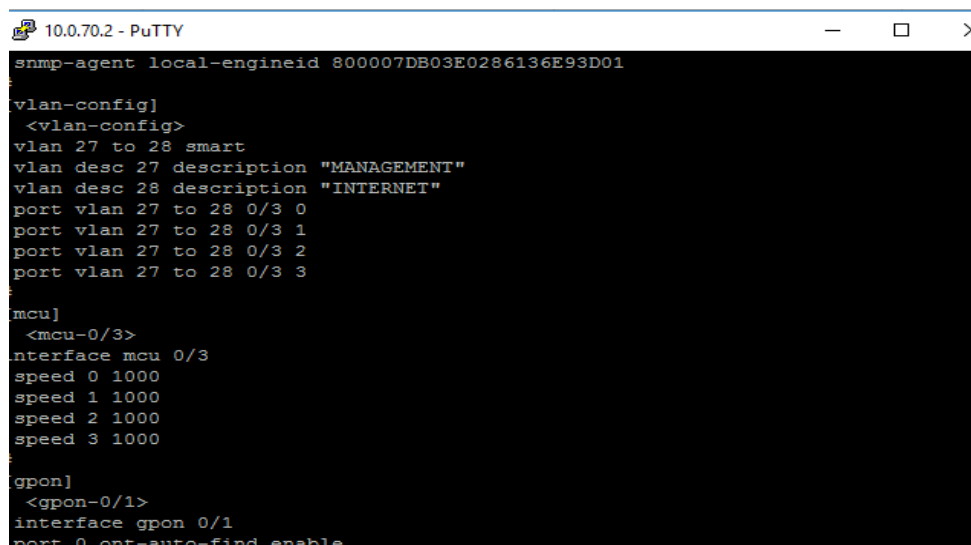
```
10.0.70.2 - PuTTY
-----
User fail login information:
-----
Last Access Type      : Telnet
Last IP-Address       : 10.0.70.1
Last Login Time       : 2017-01-10 04:58:32+08:00
Login Failure Times   : 1
-----

All user fail login information:
-----
Access Type IP-Address      Time                               Login Times
-----
Telnet      10.0.70.1        2017-01-10 04:58:32+08:00         1
-----

User root has used a default password. Change the password in time.

MA5608T>enable
MA5608T#config
MA5608T(config)#display CURRent-configuration
{ <cr>|ont<K>|port<K>|section<K>|service-port<K>|simple<K>|<K> }:
```

Se crearon dos Vlan's, una para administración y otra para el servicio de Internet, en este caso cada ONT debía ser reconocida por la vlan de internet para así poder tener servicio. Como eran pruebas que se realizaba en el NODO se utilizó un splitter de 1 a 8, una vez tomado en cuenta todo lo aprendido en clases y también las charlas de los técnicos se procedió a poner en marcha el Proyecto Gpon.



```
10.0.70.2 - PuTTY
snmp-agent local-engineid 800007DB03E0286136E93D01

vlan-config
<vlan-config>
vlan 27 to 28 smart
vlan desc 27 description "MANAGEMENT"
vlan desc 28 description "INTERNET"
port vlan 27 to 28 0/3 0
port vlan 27 to 28 0/3 1
port vlan 27 to 28 0/3 2
port vlan 27 to 28 0/3 3

mcu]
<mcu-0/3>
interface mcu 0/3
speed 0 1000
speed 1 1000
speed 2 1000
speed 3 1000

gpon]
<gpon-0/1>
interface gpon 0/1
port 0 ont-auto-find enable
```

```
10.0.70.2 - PuTTY
interface gpon 0/1
port 0 ont-auto-find enable
port 1 ont-auto-find enable
port 2 ont-auto-find enable
port 3 ont-auto-find enable
port 4 ont-auto-find enable
port 5 ont-auto-find enable
port 6 ont-auto-find enable
port 7 ont-auto-find enable
ont add 0 1 sn-auth "48575443ECCDBD57" omci ont-lineprofile-id 1
ont-srvprofile-id 1 desc "EFRAIN VIRACOCOA"
ont add 0 2 sn-auth "48575443D3191C6C" omci ont-lineprofile-id 1
ont-srvprofile-id 1 desc "LUIS VILCA"
ont add 0 3 sn-auth "48575443F4A70554" omci ont-lineprofile-id 1
ont-srvprofile-id 1 desc "BLANCA AIMACANA"
ont add 0 4 sn-auth "48575443ECCB8F57" omci ont-lineprofile-id 1
ont-srvprofile-id 1 desc "WILLIAM CHANCUSIG"
ont add 0 5 sn-auth "48575443D32DB26C" omci ont-lineprofile-id 1
ont-srvprofile-id 1 desc "QUIROZ ZODEIDA"
ont add 0 6 sn-auth "48575443ECCAC057" omci ont-lineprofile-id 1
ont-srvprofile-id 1 desc "ALMACHI SANDRA"
ont add 0 7 sn-auth "48575443F4A60054" omci ont-lineprofile-id 1
ont-srvprofile-id 1 desc "TOCTAGUANO MARLENE"
ont add 1 1 sn-auth "48575443D333F26C" omci ont-lineprofile-id 1
```



## Anexo E

### Colocación de las NAP y Splitter's

Esto se realizó según lo planteado en el diseño, para lo cual se utilizó los primeros 3 puertos de la OLT con lo cual empezariamos para poder brindar en servicio para esto se utilizó 6 cajas nap, 6 splitter de 1:16 secundarios y 3 splitter de 1:4 primarios.



## **Anexo F**

### **Migración de los clientes a la tecnología Gpon**

El primer paso a realizar fue el tendido del cable de fibra óptica desde la caja Nap más cercana hasta el domicilio, cabe mencionar que esta distancia no debe superar los 300m.



Una vez tendido el cable de Fibra óptica se procede a la fusión en el domicilio que este caso sería al patchcore y se configura el router TP-LINK.





Una persona designada en la central de MegaSpeed S.A. hace el reconocimiento de la ONT a conectarse para así poder activarle el servicio de internet al igual que se mira las pérdidas y la distancia donde está conectado el cliente en este caso se utiliza el router porque la ONT no viene con wi-fi integrado es por eso que se utilizó este método en los abonados.

```

10.0.70.2 - PuTTY
login as: root
root@10.0.70.2's password:

Huawei Integrated Access Software (MA5608T).
Copyright(C) Huawei Technologies Co., Ltd. 2002-2013. All rights reserved.

-----
User last login information:
-----
Access Type : SSH
IP-Address : 10.0.30.26 ssh
Login Time : 2017-01-11 06:20:55+08:00
Logout Time : 2017-01-11 06:26:50+08:00
-----

All user fail login information:
-----
Access Type IP-Address      Time                      Login Times
-----
Telnet      10.0.70.1                2017-01-10 04:58:32+08:00          1
-----

User root has used a default password. Change the password in time.

MA5608T>enable
MA5608T#config
MA5608T(config)#interface gpon 0/1
MA5608T(config-if-gpon-0/1)#ont add 0 8 sn-auth 48575443D30A586C cmci ?
-----
Command of gpon-0/1 Mode:
-----
<cr>          Please press ENTER to execute command
desc          ONT description
ont-lineprofile-id  ONT line profile ID
ont-lineprofile-name  ONT line profile name
ont-srvprofile-id    ONT service profile ID
ont-srvprofile-name  ONT service profile name

MA5608T(config-if-gpon-0/1)#ont add 0 8 sn-auth 48575443D30A586C cmci ont-linepr
ofile-name bridge ont-srvprofile-name bridge desc CHANCUSIG

```





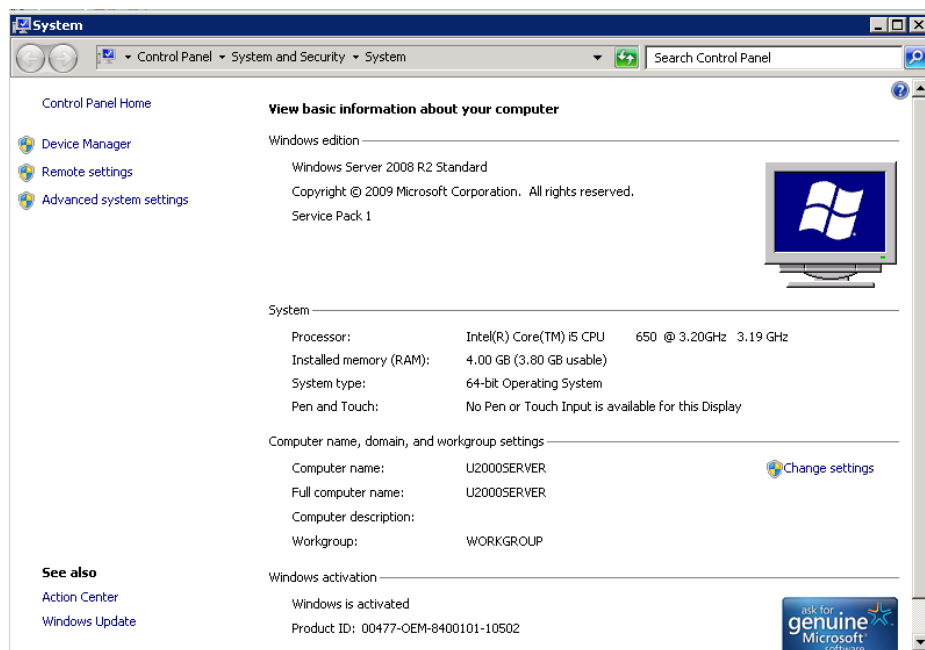
Por último se mira la velocidad en la que está trabajando el servicio.



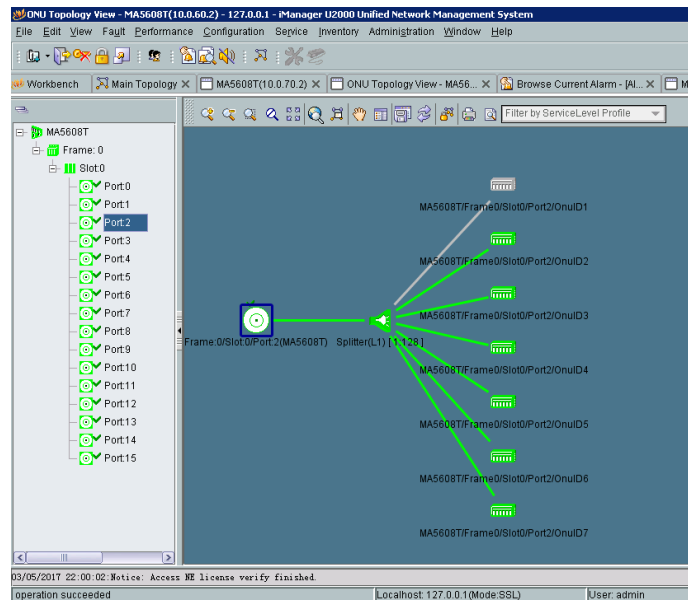
## Anexo G

### Instalación del Servidor U2000

Para terminar con el objetivo planteado por la empresa fue muy importante instalar este servidor ya que por medio del mismo se logró tener una administración más adecuada de cada uno de los abonados, además que se obtuvo una interfaz gráfica más amigable para que diferente personal de la empresa pueda conectar más abonados o verificar errores que se encuentren en el mismo. Hay que tener en cuenta que este Programa solo vale Instalar en Windows server 2008 standar R2 y el idioma debe estar estrictamente en ingles ya que son las políticas de instalación del U2000 y no olvidando que se debe tener un disco no menos de 500GB, una vez tomada en cuenta estas indicaciones se instala el programa utilizando una única ip del servidor.



Una vez Instalado se procede a la sincronización de la Olt al servidor para así poder tener gráficamente nuestra topología de la red Gpon.



MA5608T(10.0.60.2) - 127.0.0.1 - iManager U2000 Unified Network Management System

File Edit View Fault Performance Configuration Service Inventory Administration Window Help

Workbench Main Topology X MA5608T(10.0.70.2) X ONU Topology View - MA56... X Browse Current Alarm - [AI... X MA5608T(10.0.60.2) X ONU Topology View - MA5... X Browse Current Alarm - [AI... X

GPON ONU Port GPON ONU ONU Details

Status	Operation Status	Config Status	Frame	Slot	Port	ONU ID	Name	Alias	Vendor ID	Terminal Type	Softwa...
Activate	Normal	Normal	0	0	0	3	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015
Activate	Normal	Normal	0	0	0	4	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015
Activate	Normal	Normal	0	0	0	5	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015
Activate	Initial	Initial	0	0	1	1	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015
Activate	Initial	Initial	0	0	1	2	MA5608TIF...	--	--	--	--
Activate	Normal	Normal	0	0	1	3	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015
Activate	Normal	Normal	0	0	1	4	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015
Activate	Initial	Initial	0	0	2	1	MA5608TIF...	--	--	--	--
Activate	Normal	Normal	0	0	2	2	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015
Activate	Normal	Normal	0	0	2	3	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015
Activate	Normal	Normal	0	0	2	4	MA5608TIF...	--	HWTC	HG8310M	V3R015

No.5, Total: 14, Selected: 1 Updated at: 2017/03/04 23:51:48

Add E2E Service... Real-Time Performance ONU Details

Details Running Info Alarm State 35 15

Details

Frame = 0

Slot = 0

Port = 1

ONU ID = 2

Name = MA5608T/Frame0/Slot0/Port1/OnuID2

Alias = --

Authentication Mode = SW

03/05/2017 22:00:02: Notice: Access NE license verify finished.  
operation succeeded Localhost: 127.0.0.1 (Mode: SSL) User: admin 03/05/2017 23:07:16 Multi-user mode





## Anexo H

### Facturas de los equipos utilizados en la tecnología G-pon

Modulo conector sc/upc a sc/upc simplex

Caja de fibra optica 2 puertos, conector sc

**DynaCom**  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

Alcivar Espin Danny Alexander - RUC.:1713410775001  
Av. Maldonado S30-54 y Av. Morán Valverde  
Telf.: 02 2680 569 / 02 3074 296 Cel.: 0996 000 092  
www.dynacom.ec Quito - Ecuador

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Factura S002-001

Cliente: AUT. SRI: 1120113121 Documento Categorizado: NO 0009944

Nombre: CONDOLO GUAYA ANGEL BENIGNO  
RUC.: 1900361435001  
Domicilio: COTOPAXI / LATACUNGA / PRINCIPAL SIN  
Antonia Vela 9-145 y Calixto Pino  
Entrepuerto Domimillán

Fecha: 14/02/2017  
Teléfono: 032802755  
Vendedor: DAE

Item	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
	Modulo Conector SC/UPC a SC/UPC Simplex (Color Azul)	100	0.80	80.00
	Caja de Fibra Optica 2 Puertos, conector SC	100	1.75	175.00
	Gestión Envío	1	5.00	5.00

Tarjeta Huawei G-Pon 16 Puertos Con Modulos C+ Gpfd

**DynaCom**  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

Alcivar Espin Danny Alexander - RUC.:1713410775001  
Av. Maldonado S30-54 y Av. Morán Valverde  
Telf.: 02 2680 569 / 02 3074 296 Cel.: 0996 000 092  
www.dynacom.ec Quito - Ecuador

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Factura S002-001

Cliente: AUT. SRI: 1120113121 Documento Categorizado: NO 0009962

Nombre: CONDOLO GUAYA ANGEL BENIGNO  
RUC.: 1900361435001  
Domicilio: COTOPAXI / LATACUNGA / PRINCIPAL SIN  
Antonia Vela 9-145 y Calixto Pino  
Entrepuerto Domimillán

Fecha: 15/02/2017  
Teléfono: 032802755  
Vendedor: DAE

Item	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
	Huawei Tarjeta GPON 16 puertos con modulos C+ GPFD	1	998.00	998.00
	S/N: 022MLMDMG7010143			

# Caja De Fibra Óptica De 16 Puertos, Distribución

**DynaCom**  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

Alcivar Espin Danny Alexander - RUC: 1713410775001  
Av. Maldonado S30-54 y Av. Morán Valverde  
Telf.: 02 2680 569 / 02 3074 296 Cel.: 0996 000 092  
www.dynacom.ec Quito - Ecuador

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Factura S002-001 0009927

AUT. SRI: 1120113121 Documento Categorizado: NO

Cliente:

Nombre: CONDOLO GUAYA ANGEL BENIGNO Fecha: 13/02/2017

RUC: 1900361435001 Teléfono: 032802755

Domicilio: COTOPAXI / LATACUNGA / PRINCIPAL SIN Vendedor: DAE  
Antonia Vela 8-145 y Calisto Pico

Item	Entradas Promedio	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
		Caja de Fibra Óptica de 16 Puertos, Distribución.	10	107.00	1,070.00
		Conector fibra Foc, conector SC/UPC	9	2.85	25.65

# Cloud Core Router

**aire.ec**  
Wireless and Security Solutions

ANDIWIRELESS CIA LTDA  
Dir Matriz JORGE ENRIQUE GARCE N63-30 Y GABRIEL GUTIERREZ  
Dir Sucursal SANGOLQUI URB. SAN FRANCISCO. CALLE J #249  
Contribuyente Especial Nro  
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD SI

RUC 1792222842001  
**FACTURA**  
No 001 001 000006004  
NUMERO AUTORIZACION  
0702201701200100100000600417922228425  
Fecha y hora de Autorizacion: 2017-02-07T15:06:20-05:00  
AMBIENTE PRODUCCION  
0702201701179222284200120010010000060040000600515

Razon social / Nombres ANGEL BENIGNO CONDOLO GUAYA  
Fecha emision 07/02/2017 RUC/Ci 1900361435001

Cod. Principal	Descripción	Cant.	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
EQUIPOS LIQUIDACION: LORB C	RBCCR1016-12S-1S+ (Cloud Core Router 1016-12S-1S+(RouterOS L6)with power supply a...	2	548.0000	0.0000	1096.0000

## Conectores Mecánicos Para Fibra Óptica Sc/Pc

**ClauPET** TELECOMUNICACION

**IMPORTADORA - EXPORTADORA CLAU PET CIA. LTDA.**  
 FACTURA COMERCIAL NEGOCIABLE  
 Matriz Quito: Calle la Colonia Oe6-126, entre calle Carapungo y Panamericana Norte (Calderón)  
 Telf.: (593-2) 282-1530 / 282-1531 / 282-1532  
 Sucursal Guayaquil: Av. San Jorge 506 entre la 10ma - 12va ciudadela nueva Kennedy planta baja  
 Telefax: (593-4) 269-3903 / 269-1106 - info@clauPET.com  
 www.clauPET.com

**R.U.C. 1792044316001**  
**FACTURA S001-001-00**  
**Nº 0018335**  
**AUT. SRI.: 1120220366**  
**Fecha de Aut SRI: 07-FEBRERO-2017**  
 DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO

**Fecha:** 20/02/2017 **Vence:** 28/02/2017  
**Cliente:** CONDOLO GUAYA ANGEL BENIGNO **CI/RUC:** 1900361435001  
**Dirección:** LATAJUNGA / km 21 PANAMERICANA NORTE S/N **Teléf:** 0998027544  
**Ciudad:** LATAJUNGA - COTOPAXI - Ecuador **Cód. Vendedor:** Santamaria Flores Maria Belen  
**Atención:** **No. Orden:**

Cant.	Descripción	V. Unitario	Descuento	V. Total
100	1419 CONECTOR MECANICO PARA FIBRA OPTICA SC/PC	2.50		250.00

## Ont Huawei Hg8310m 1 Ether

**DynaCom** telematics  
 SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

**OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD**

**Alcivar Espín Danny Alexander - RUC.: 1713410775001**  
 Av. Maldonado S30-54 y Av. Morán Valverde  
 Telf.: 02 2680 569 / 02 3074 296 Cel.: 0996 000 09  
 www.dynacom.ec Quito - Ecuador

**Factura S002-001** **0010043**  
**AUT. SRI: 1120254226** **Documento Categorizado: NO**

**Cliente:** CONDOLO GUAYA ANGEL BENIGNO **Fecha:** 24/02/2017  
**RUC.:** 1900361435001 **Teléfono:** 0328027555  
**Domicilio:** COTOPAXI / LATAJUNGA / PRINCIPAL S/N  
 Antonio Vela 9-145 y Calles Pino

**Vendedor:** DAE

Item	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Huawei OMT HG8310M-1-ETHER Serial Numbers: 2102311AXJ7SG4030580, 2102311AXJ7SFB335608, 2102311AXJ7SG4030589, 2102311AXJ6RG2287544, 2102311AXJ6RF5206346, 2102311AXJ7SG4030588, 2102311AXJ6RF5206342, 2102311AXJ7SFB335609, 2102311BVH2SG3170971, 2102311BVH2SG3170975, 2102311BVH2SGB112883, 2102311BVH7SGB1147281, 2102311BVH2SGA109481, 2102311BVH7SGB1147281, 2102311BVH2SGA109481,	50	40.19	2,009.50



**DynaCom**  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

Alcivar Espin Danny Alexander - RUC.:1713410775001  
Av. Maldonado S30-54 y Av. Morán Valverde  
Telf.: 02 2680 569 / 02 3074 296 Cel.: 0996 000 092  
www.dynacom.ec Quito - Ecuador

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Factura S002-001 **0009859**

AUT. SRI: 1120113121 Documento Categorizado: NO

Cliente:

Nombre: CONDOLO GUAYA ANGEL BENIGNO

RUC.: 1900361435001

Domicilio: COTOPAXI / LATACUNGA / PRINCIPAL S/N  
Antonia Vela 9-145 y Cárdeno Pineda  
Entrada Dominián

Fecha: 03/02/2017

Teléfono: 032802755

Vendedor: DAE

Item	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
	Huawei ONT HG8310M 1 ETHER	50	40.18	2,009.50

Olt G-Pon Huawei Ma5608t

**DynaCom**  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

Alcivar Espin Danny Alexander - RUC.:1713410775001  
Av. Maldonado S30-54 y Av. Morán Valverde  
Telf.: 02 2680 569 / 2731 039 Cel.: 0996 000 092  
www.dynacom.ec Quito - Ecuador

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Factura S002-001 **0009006**

AUT. SRI: 1119259767 Documento Categorizado: NO

Cliente:

Nombre: CONDOLO GUAYA ANGEL BENIGNO

RUC.: 1900361435001

Domicilio: COTOPAXI / LATACUNGA / PRINCIPAL S/N

Fecha: 17/10/2016

Teléfono: 032802775

Vendedor: DAE

Item	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
	HUAWET GPON OLT MA5608T Case +1SCUN+1GICF + GPBD 8 GPON	2	2972.20	5,944.40
	1) 2102120747N0G1001687 GPBD - 022REUCNG1010069 MPWD - 030RKMD0G1001168 MCUD : G1002925 / E8000687			
	2) 2102120747N0G1001302 GPBD - 022REUCNF1019223 MPWD - 030RKMD0G1000329 MCUD G1000813 / G1000871			

Costos de instalación aproximados para toda la red.

<b>EQUIPOS A INSTALAR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DISTANCIA (m)</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>Fibra óptica</b>	Instalación, tendido, empalmes de fibra óptica	1	9000	\$1.00	\$9,000.00
<b>Equipos pasivos</b>	Instalación y configuración de OLTs, ONUs, entre otros	2	-	550	\$1,100.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$10,100.00</b>

Costo de fibra monomodo tipo G.652.

<b>DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>Fibra óptica monomodo 48 hilos tipo G.652A</b>	Metros	7500	\$1.30	\$9,750.00
<b>Fibra óptica última milla tipo G.657A1</b>	metros	800	\$2.10	\$1,680.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$11,430.00</b>

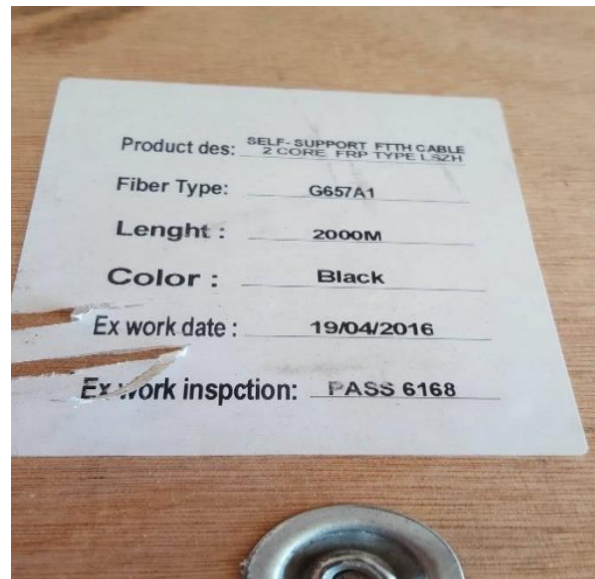
## Anexo I

### Capacitación Huawei



## Anexo J

### Fibra optica ultima milla para clientes tipo G657A1



### Router para los clientes TP-LINK TL-WR740N 150Mbps





## Anexo K

OTDR conectado a la bobina de lanzamiento

